



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

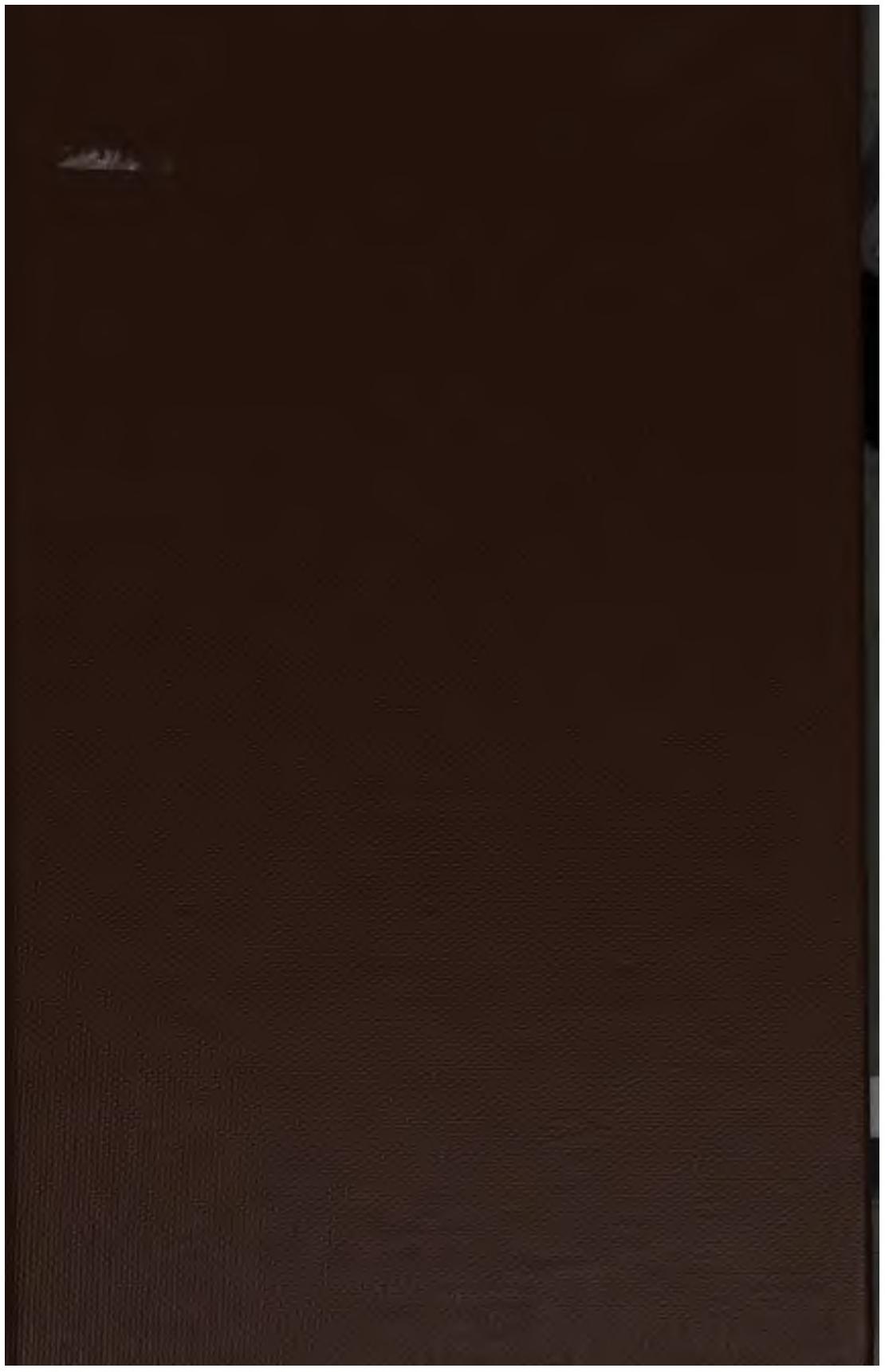
Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.



BIOSCIENCES LIBRARY

C





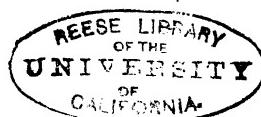


UEBER

DEN BAU UND DAS WACHSTHUM

DER

ZELLHÄUTE.





—

UEBER

DEN BAU UND DAS WACHSTHUM

DER

ZELLHÄUTE.

VON

DR. ED. STRASBURGER,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT BONN.

MIT VIII TAFELN.



JENA.

VERLAG VON GUSTAV FISCHER.

1882.

C 8765

SC

BIOLOGY
LIBRARY
G

65901



Vorwort.

Die vorliegenden Untersuchungen sind zum Theil schon drei Jahre alt. Die letzte Auflage des Zellenbuches, sowie meine Uebersiedlung nach Bonn verzögerten den Abschluss derselben. Der Abschnitt über Pollenkörner und Sporen liegt hier in der Fassung vor, wie sie ihm vor drei Jahren gegeben wurde, andererseits haben aber die Publicationen von A. F. W. Schimper und Fr. Schmitz, namentlich die des letzteren, weil sie den Kern meiner Untersuchungen treffen, diese vielfach beeinflusst und in ihrer Weiterentwicklung gefördert.

Mehr denn je bin ich mir aber bewusst, in dieser Arbeit nicht über die ersten Anfänge zur Lösung der gestellten Aufgabe hinausgekommen zu sein.

Zuerst behandle ich die Anlage und das Wachsthum der pflanzlichen Zellhäute, die ich an möglichst verschiedenen Beispielen zu erläutern suche. Angeknüpft werden, soweit zum Verständniss des Membranwachsthums nöthig, Untersuchungen über den Bau und das Wachsthum der Stärkekörner. Am Schlusse folgen Beobachtungen über Doppelbrechung der Membranen und Stärkekörner und eine Hypothese über die Molecularstructur der organisierten Gebilde.

Die über Anlage und Wachsthum der Membranen und Stärkekörner gesammelten Erfahrungen veranlassten mich weiter, den Vorgang der Kohlenstoffassimilation, die Rolle des Zellkerns innerhalb der Zelle, die Wegsamkeit der Membranen für Protoplasma und die Vorgänge der Befruchtung zur Sprache zu bringen.

Ausdrücklich sei betont, dass ich auf die positiven Ergebnisse der Beobachtung besonders Gewicht lege und die an-

schliessenden Hypothesen als einen blossen Versuch betrachte, die gewonnenen Resultate unter einheitliche Gesichtspunkte zu bringen. Diese Versuche seien dann einer weiteren Discussion unterbreitet, der, wie ich hoffe, die thatsächlichen Resultate bleibend als Unterlage dienen sollen.

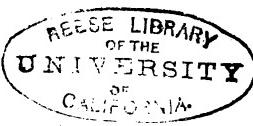
Die Uebereinstimmung der Vorgänge der Zellbildung und Zelltheilung auf thierischem und pflanzlichem Gebiete legte die Annahme nahe, dass auch die Entstehung differenter Zellhäute, soweit an thierischen Zellen zu beobachten, nicht wesentlich abweichend vor sich gehen würde. Ohne eigene Untersuchungen anzustellen, habe ich es in diesem Buche doch versucht, das besonders Prägnante aus jenen Gebieten der thierischen Histologie zusammenzustellen und mit entsprechenden Erscheinungen bei Pflanzen zu vergleichen. Auffallend ist es, wie auch in diesem Falle die Untersuchungen auf beiden Gebieten unabhängig fortgeschritten sind und wie gewisse Vorstellungen die pflanzliche Histologie beherrschen konnten, ohne durch völlig entgegengesetzte der thierischen Gewebelehre tangirt zu werden.

Es sollte mich freuen, wenn durch vorliegendes Buch weitere Untersuchungen auch auf zoologischem Gebiete angeregt werden sollten und dasselbe zur weiteren Festigung einer einheitlichen Auffassung des Zellenlebens in beiden organisirten Reichen beitragen sollte.

Bonn, im April 1882.

Eduard Strasburger.





Inhaltsverzeichniss.

	Seite
Anlage und Dickenwachsthum der Zellhäute.	
Caulerpa, Rhizom	1
Litteratur	1
Eigne Beobachtungen	3
Balken innerhalb der Zellwand	4
Schichtung, Lamellen und Schichten	6
Trennung der Schichten	7
Cuticula	8
Anlage der Balken	8
Vertheilung des Inhalts	10
Clematis, Markzellen	10
Schichtung	11
Quellung	11
Entwicklung	12
Tüpfel	13
Inhalt	14
Taxodium distichum, Markzellen	15
Ornithogalum umbellatum, Endosperm	16
Entwicklung	17
Aeltere Angaben von Pringsheim	17
Wachsthum der Verdickungsschichten	18
Grenzhäutchen	19
Schliesshaut	20
Mittellamellen	21
Reactionen	22
Inhalt reifer Endospermzellen	22
Phoenix dactylifera, Endosperm	23
Lamellöse Structur	23
Schliesshaut	24
Strychnos nux vomica, Endosperm	24
Feine Kanäle.	25
Strychnos potatorum, Endosperm	26
Viscum album, Rindenparenchym	27

	Seite
<i>Hakea suaveoleus</i> , Samenschale	27
Stark vorspringende Verdickungsschichten	27
Verzweigte Tüpfel	27
<i>Bertholletia excelsa</i> , Samenschale	28
Ungleichmässige Verdickung	28
<i>Prunus domestica</i> , Steinschale	29
Spalten	30
Kerne der Amygdaleen, Pomaceen, Walnuss, Haselnuss.	
Markstrahlen der Buche, Holzzellen von <i>Buxus arboreascens</i> , Bastzellen von <i>Viscum</i> , <i>Cinchona</i> , <i>Acer</i> .	
Pericarp von <i>Magnolia</i>	30
Testa verschiedener Pflanzen	30
<i>Araucaria brasiliensis</i> , Sclerenchymzellen der Rinde	30
<i>Pinus silvestris</i> , Sclerenchymzellen	30
<i>Smilax aspera</i> , Kernscheide der Wurzel	31
Trennung der Schichten bei der Quellung	32
<i>Viscum album</i> , Epidermis	33
Gemeinsame Schichtkomplexe	33
<i>Taxus baccata</i> , Bastfasern	34
Nachträgliche Verdickung	34
Krystalle von oxalsarem Kalk	34
Verlauf der Tüpfel	35
Cupressineen	35
Vertheilung der Krystalle	35
<i>Citrus vulgaris</i> , Blatt	36
Umhüllung der Krystalle	36
Verdickung der Bastfasern nach Haberlandt und Ambronn	36
<i>Gloeocapsa polydermatica</i>	36
Dichte und weniger dichte Schichten	37
<i>Ulothrix tenerrima</i>	37
Einschachtelung nach Kolderup-Rosenvinge	37
<i>Coniferen</i> , Holz von <i>Pinus silvestris</i>	38
Theilung im Cambium	39
Cellulose-Reaction	41
Anlage der Tüpfel	42
Torus	43
Tüpfelhof	44
Umrahmte Tüpfel	45
Beginn der secundären Verdickung	46
Wachsthum der Hofwandung	46
Grenzhänchen	48
Streifung der Zellwände	49
Wachsthum der Zellwände	49
Verhalten des Protoplasma	50
Anordnung der Mikrosomen	51
Schwinden der Zellkerne	51
Angaben von Schmitz	52

	Seite
Angaben von Mikosch	52
Mittellamellen	52
Zahlreiche Lamellen in der Verdickungsschicht	53
Gestreifte Wände	54
Differenzirte Verdickung	55
Ringförmige Verdickung	56
Erhaltung der Schliesshaut	56
Entwicklung der Siebtüpfel	57
Verhalten des Zellinhalts	59
Callusplatte	59
Siebtüpfel der Gefässkryptogamen	61
Siebtüpfel der Angiospermen	61
Markstrahlzellen	61
Verschiedenes Verhalten derselben	62
<i>Taxus baccata</i> , Holzzellen	62
<i>Clematis Vitalba</i> , getüpfelte Gefässse	63
Streifung der Zellwand	64
Sclerenchymfasern	64
<i>Vinca major</i>	64
Chinarinden	66
Dahliaknollen, Markzellen	67
<i>Spirogyra majuscula</i>	67
Stäbchenbakterien in der Schleimhülle	69
<i>Coelosphaerium Naegelianum</i>	69
Cladophoren	69
<i>Hyacinthus orientalis</i> , Epidermis	70
<i>Hymenaea Courbaril</i> , Fruchtfleisch	71
Labiaten-Theilfrüchte, quellende Epidermis	71
<i>Salvia Horminum</i>	72
<i>Dracocephalum moldavicum</i>	74
<i>Hakea pectinata</i> , Epidermis	74
Angiospermen, Fadenapparat der Synergiden	75
<i>Dracaena Draco</i> , Epidermis	75
Entwicklung der Wandverdickung an Gefässen	76
<i>Bryonia dioica</i>	76
<i>Tradescantia zebrina</i>	78
Aeltere Litteratur	78
<i>Bryonia dioica</i> und <i>Impatiens glandulosa</i>	79
Anordnung der Mikrosomen	80
Schwinden des Protoplasma und des Zellkerns	81
Strömung im Protoplasma während der Wandverdickung	83
<i>Spirogyra</i> , Querwandbildung	83
Luftwurzeln der Orchideen, Schraubenbänder	84
<i>Torenia Fournieri</i> , Samenschale	84
Wandverdickung nach Schmitz	84
<i>Oedogonium</i> , Ringleiste	84

	Seite
<i>Malva crispa</i> , Antherenwandung	85
<i>Geranium sanguineum</i> , Antherenwandung	85
<i>Allium fistulosum</i> , Antherenwandung	86
Entwicklung der Pollenkörner	86
<i>Malva crispa</i>	86
Pollenmutterzellen	86
Bildung der Wandung	87
Anlage der Stacheln	88
Verhalten der Tapetenzellen	89
Schnitte durch fertige Pollenkörper	90
Verhalten der Kerne	91
Pollenschläuche	92
<i>Geranium</i> -Arten	92
Bildung der Wand	93
Bildung der Papillen	94
<i>Gaura biennis</i>	95
Bildung der „Zwischenkörper“	96
Durchbrechung derselben	97
<i>Oenothera rosea</i>	98
<i>Clarkia elegans</i>	98
<i>Epilobium Dodonaei</i>	99
<i>Scabiosa caucasica</i>	100
<i>Cucurbita verrucosa</i>	101
Bildung der Deckel	102
<i>Cucumis sativus</i>	103
<i>Thunbergia alata</i>	104
Bildung des Bandes	104
<i>Thunbergia reticulata</i>	105
<i>Senecio vulgaris</i>	105
<i>Cobea scandens</i>	106
<i>Allium fistulosum</i>	108
<i>Iris sibirica</i>	109
<i>Arum maculatum</i>	111
<i>Zostera nana</i>	112
<i>Najas major</i>	112
<i>Orchis</i> -Arten	112
<i>Gymnadenia conopsea</i>	113
Bildung der Massulae	113
<i>Cypripedium</i>	114
Isolirte Pollenkörper	114
<i>Pinus</i> -Arten	115
Flügelbildung	115
<i>Larix</i>	115
Uebersicht	116
Entwicklung der Sporen	116
<i>Lycopodium clavatum</i>	116
Tapetenzellen	116

	Seite
Ausbildung der Wand	117
Die Leisten	117
Aneinanderhaften	117
<i>Osmunda regalis</i>	118
<i>Equisetum limosum</i>	119
Litteratur	119
Tapetenzellen	119
Verhalten der Sporenmutterzellen	120
Bildung der Sporenhäute	120
Verhalten der mikrosomenhaltigen Hautschicht des umgebenden Plasma	121
Elateren	122
<i>Marsilia</i>	123
<i>Mikrosporen</i>	123
Tapetenzellen	123
Epispor aus der Hautschicht	124
<i>Makrosporen</i>	125
Bildung des Epispor	127
Die Gallertschicht	130
Wachsthum der Spore	131
Intine	132
<i>Salvinia natans</i>	132
<i>Makrosporen</i>	132
Schaumiges Epispor	132
<i>Mikrosporen</i>	133
Schaumige Zwischensubstanz	134
Vorschläge zur Terminologie	135
<i>Peronosporeen</i> , Episporbildung nach de Bary	136
<i>Peronospora arborescens</i> und <i>intermedia</i>	136
<i>Peronospora Alsinearum</i>	137
Aeltere Borstenhaare, Callusbildung, nach E. Schmidt	139
Protoplasma im Uebergang zur Füllmasse	141
Diatomeen, Zellwandlung	143
<i>Pleurosigma angulatum</i>	143
<i>Triceratium Favus</i>	143
Aeussere Vorsprünge an Epidermoidalbildungen	144
<i>Marsilia Ernesti</i> , Haare der Fruchtanlagen	144
<i>Cynoglossum officinale</i> , Angelborsten	145
<i>Coleus</i> , Haare der Blattunterseite	146

Anlage und Wachsthum der Stärkekörner.

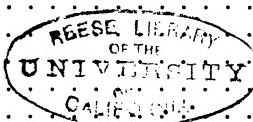
<i>Phajus grandifolius</i> , Knollen	147
Schichtung	147
Quellungerscheinungen	148
Vergleich mit dem Querschnitt einer <i>Pinus</i> -Holzzelle . .	150
Nicht ausgewachsene Stärkekörner	151

	Seite
Stärkekörper aus Alcohol	151
Trockene Stärke	151
Cycas circinalis, Mark	151
Phaseolus vulgaris	152
Kartoffelstärke	152
Cannastärke	153
Adhäsion der Schichten	153
Phajus grandifolus	154
Stärkebildner	154
Marsilia-Arten, Makrosporen	155
Netzwerk auf den Körnern	155
Entwicklungsgeschichte desselben	157
Pinus silvestris, Markstrahlen	159
Bildung der Stärke	159
Zusammengesetzte Stärkekörper	160
Marsilia diffusa	160
Literatur	160
 Ueber den Bau der Stärkekörper und Zellhäute und das Verhältniss der Quellungsrichtungen zu dem anatomischen Bau.	
Wachsthum der Stärkekörper durch Apposition	161
Weiche und dichte Schichten	162
Abnahme der Dichte im Innern	162
Einfluss der Umgebung	163
„Umkippungen“ an Schnitten	164
Färbung der gequollenen Stärke	164
Bildung radialer Risse	164
Adhäsion der Lamellen	165
Deutung als Sphärokristalle	165
Umkehrung gewisser Verhältnisse in Zellhäuten	166
Verhältniss der Quellung zur anatomischen Structur	167
 Die Proteinkristalle.	
Quellfähigkeit	170
Schichtung	171
Künstliche Proteinkristalle	171
Aus eliminiertter Substanz bei Mucorineen	171
 Scheidewandbildung.	
Natur der Zellplattenelemente	172
Bildung derselben	173
Spirogyra, Cladophora	173
Bildung der Scheidewand	174
Verschiedenheit der Reaction an Zellhäuten	174

	Seite
Das Flächenwachsthum der Zellhäute und die Faltenbildung.	
Fragestellung	175
Angaben von Schmitz	176
Vergleich mit gedeckten Siebröhren der Kiefer	178
Radiale Cambiumwände der Kiefer	179
Zellstoffring der Oedogonien	179
Action des Plasma auf die Wand	179
Zweigbildung bei Cladophora	180
Vorsprünge an den Haaren	181
Krümmungsscheinungen	181
Bau der Wandung von <i>Ulothrix zonata</i>	182
Der Wände von <i>Spirogyra</i>	184
Einfluss der Umgebung	185
Trennung der Zellen	185
Wachsthum der befreiten Endfläche	186
Verdickung der Cladophora	188
Scheitelwachsthum mit Sprengung bei <i>Bornetia</i>	189
Verhalten von <i>Petalonema</i>	189
<i>Gloeocapsa</i>	191
Alte Epidermis von <i>Viscum</i>	191
Entstehung der Cuticula	192
Dehnung durch Turgor	192
Apposition neuer Lamellen	193
Flächenwachsthum ohne Hilfe osmotischer Druckkräfte	194
Niederschlagsmembranen	195
Bau der Hautschicht	195
„Faltenbildung“	195
<i>Spirogyra</i> -Arten, Ring an der Querwand	196
<i>Oedogonium</i> , Ring	197
<i>Primula sinensis</i> , Leisten in der Epidermis	197
<i>Helleborus foetidus</i> , Blattunterseite	198
<i>Cladophora</i> „Falten“	198
Volumenzunahme bei Cuticularisirung	199
Chemische Veränderungen nach der Anlage	199
Infiltrationen und Incrustationen	200
 Membranbildung im Thierreich.	
Anknüpfung	201
Kapseln und Zwischensubstanz des Knorpels	201
Schalenbildung um thierische Eier	202
Daphniden	202
Insecten	203
Säugethierei	204
Vogelei	205
Hautpanzer der Arthropoden	206

	Seite
Die Doppelbrechung der organisirten Gebilde.	
Naegeli's Deutung	208
Erklärung aus Spannungsverhältnissen	208
Umkehr der Spannungsverhältnisse	211
Epidermis von <i>Phormium tenax</i>	211
Epidermis von <i>Viscum album</i>	212
Pollenkörner	212
Korkzellen	212
Caulerpa	213
<i>Gloeocapsa polydermatica</i>	213
<i>Bryopsis</i>	213
<i>Clematis Vitalba</i> , Markzellen	214
Araucaria, Sclerenchymzellen	214
Verhalten künstlicher Membranen	214
Tragantgummi	215
Gummi arabicum	215
Kiesel säuregallerte	215
Membranen aus B-Leim-Gerbsäure	215
Das Elasticitäts-Ellipsoid	215
Proteinkristalle	216
Protoplasma	216
Der Molekularbau der organisirten Gebilde.	
Hypothese von Naegeli	216
Colloid und organisirt	218
Quellungsfähigkeit bestimmter Colloide	219
Krystalloide und Colloide	220
Atom und Molekel	221
Molekularadditionen	221
Begründung derselben	222
Atomistische Auffassung der Colloide	224
Verknüpfung durch mehrwerthige Atome	224
Netzförmige Verkettung der Molekeln	225
Intermolekulare Capillarität	225
Bau der Kiesel säuregallerte	225
Imbibition ist Capillarattraktion	226
Werthe derselben	226
Gleichgewicht zwischen Elasticitätswiderstand und capillarer Anziehung	227
Zwischen chemischer Affinität und Capillarität	228
Sprengung des molekularen Netzwerks	228
Lösung	228
Osmotische Vorgänge	229
Bau der Proteinkristalle	229
Anordnung der Molekularnetze	230
Rückschluss auf die Anordnung in Stärkekörnern und Zellhäuten	230
Krystallisation und Organisation	231

	Seite
Sphärokristalle	231
Bau und Wachsthum des Protoplasma	292
Kieselnadeln der Radiolarien	233
Kieselkörper der Podostemaceen	234
Hautschicht des Protoplasma	235
Lebendes und todtes Protoplasma	236
 Kohlenstoff-Assimilation.	
Stärke in Chlorophyllkörpern	237
Kohlenstoffassimilation nach Baeyer und Erlenmeyer	237
Verwendung des Methylaldehyd	239
Poröser Bau der Chlorophyllkörper	240
Athmungsvorgänge	240
 Die Rolle des Zellkerns.	
Beziehung zur Bildung der Eiweisskörper	241
Der Zellkern schwindet als letzter in der Zelle	242
Der Zellkern in den Reservestoffbehältern	242
In Secretbehältern	243
In stärkeführenden Holzellen	243
Vielkernige Zellen	243
Spirogyra	244
Periniumbildung an den Makrosporen von Marsilia	244
Verhalten in den Siebröhren	245
In den Pollenschläuchen	245
 Die Wegsamkeit der Zellhüte.	
Porosität der Schliesshäute	246
Siebröhren	247
Orte der Neubildung	247
Vegetationspunkte	247
Makroconidien von Nectria	247
Zygoten der Mucorineen	247
Pollenkörper	248
Plasmodiophora-Plasmodien	248
Parasiten	248
Cilien	248
 Das Verhalten des Zellkerns in den Geschlechtsproducten.	
Pollenkörper, welche zahlreiche Pollenschläuche bilden	250
Pollenkörper mit einem Pollenschlauch	250
Pollenschläuche der Gymnospermen	250
Bildung der Spermatozoiden	251
Befruchtungsvorgang	251
Copulation der Spirogyra	252
Erklärung der Abbildungen	253



Berichtigungen.

Seite 38, Zeile 13 von unten, hinter: Stammholz, schalte: von *Pinus silvestris*, ein.

Seite 45, Zeile 7 von oben, liess: Wurzelholze, statt: Wurzelboden.



Anlage und Dickenwachsthum der Zellhäute.

In seinem Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse¹⁾ führte Schacht Caulerpa als schönsten Beweis „für die Bildung neuer Schichten von Innen her“, an. Dahingegen behauptete Naegeli in seinem grossen Stärkewerke²⁾, die Erklärung der Schichtung sei dort nur durch Annahme von Einlagerung möglich; denn, meinte er, die Cellulosebalken, welche die Zellwand durchsetzen, zeigen in ihrem ganzen Verlauf unveränderte Dicke. Dieses anatomische Verhalten wäre aber nur dann mit der Auflagerungstheorie vereinbar, wenn die Balken vor Beginn der Zellwandverdickung ihre volle Dicke erreicht hätten. Da nun aber die Balken und die Zellwand zu gleicher Zeit an Dicke zunehmen, so müssten, bei einer Schichtenbildung durch Auflagerung, die Balken sich allmälig innerhalb der Zellwand zuspitzen. — Naegeli gibt in dem Stärkework keine Abbildungen der in Frage stehenden Verhältnisse, beruft sich vielmehr auf seine älteren, in der Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik³⁾ veröffentlichten Bilder. Auf diese hin wird auch die Figur construirt, die man in den beiden Auflagen des „Mikroskops“ von Naegeli und Schwendener findet⁴⁾. Die Figur 239 (A) zeigt, wie die Schichten des Balkens senkrecht diejenigen der Zellwand durchsetzen; eine andere Figur (B) wird ihr gegenüber gestellt und führt uns einen innerhalb der Zellwand sich zuspitzenden Balken vor, ein Bild, wie es beim Wachsthum durch Auflagerung entstehen

¹⁾ Bd. I, 1856, p. 37.

²⁾ Pflanzenphys. Unters. Heft 2, 1858, p. 285.

³⁾ Bd. I, Heft 1, 1844, Taf. III, Fig. 2, 3 u. 4, Text p. 146.

⁴⁾ I. Aufl., 1867, p. 544. II. Aufl. 1877, p. 541.

müsste. — In Hofmeister's „Pflanzenzelle“¹⁾ nahm das Bild der Caulerpa ein noch entschiedeneres Aussehen zu Gunsten der Intussusceptionslehre an, während Dippel in seinem „Mikroskop“²⁾ eine Figur veröffentlichte, welche umgekehrt allen Anforderungen entsprach, die Naegeli und Schwendener an ein Bild, welches die Appositionslehre beweisen würde, stellten.

In einem der „Structur der Zellhülle und der in sie einmündenden Zellstofffasern der Caulerpa-Arten“ gewidmeten Aufsätze³⁾, entwickelt dann Dippel eingehend seine Ansichten und sucht sie mit zahlreichen Figuren zu belegen. Dippel folgert aus denselben:

1) „die von der Extracellularsubstanz überlagerte primäre Zellhülle und ein innerer, messbar dicker, doppelt contourirter, über die innere Grenze der Zellhülle hinaus in die Faser zu verfolgender Zellstofffaden der Faser, beide stärker lichtbrechend als die übrigen Schichten und daher auch an dem fertigen Zustande nicht leicht zu übersehen, stehen mit einander in ununterbrochener Verbindung und erweisen sich somit als gleichzeitig entstanden.“

2) Nirgends werden die Schichten der Zellhülle in ihrer Gesammtheit und bis zur Grenze der primären Hüllschicht von einer ausgewachsenen Zellstofffaser in ihrer ganzen Mächtigkeit durchsetzt.

3) Die einzelnen Verdickungsschichten, welche innerhalb der primären Zellhülle auftreten, biegen in der Nähe des Kernfadens der Zellstofffasern um und setzen sich ohne Unterbrechung in die den letzteren angehörigen Schichten fort, indem sie sich in mehr oder minder hohem und nicht bei allen Schichten gleichem Maasse auskeilen.“

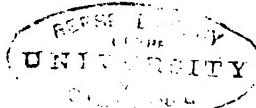
Für diese Dippel'schen Angaben, die sonst wenig Beachtung fanden, trat vor kurzem Schmitz ein⁴⁾, ausdrücklich hervorhebend, dass der Verlauf der Schichten bei Caulerpa gerade umgekehrt sei, als er von Naegeli geschildert und abgebildet werde.

¹⁾ 1867, p. 193.

²⁾ 1869, p. 340.

³⁾ Abhandl. d. Senckenb. naturf. Gesell., Bd. X, 1876, p. 182.

⁴⁾ Stzbr. der niederrh. Gesell. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 6. Dec. 1880, Sep. Abdr. p. 1.



Auch meine Bilder von *Caulerpa* stimmen mit den Dippel'schen überein. — Ich habe frisches und trockenes, am eingehendsten aber Alcohol-Material untersucht. Ausser von *Caulerpa prolifera* stand mir auch von *Caulerpa cupressoides* Ag. sehr instructives Alcohol-Material zur Verfügung. Die Schnitte wurden meist durch die sog. Rhizome dieser Pflanzen geführt.

Wie unsere Figur 1, Taf. 1., von *Caulerpa prolifera* zeigt, lässt sich tatsächlich nur der axile Theil des Balkens bis an die äusserste Verdickungsschicht der Zellwand verfolgen, die demselben aufgelagerten Schichten gehen in entsprechend tiefe Schichten der Zellwand über, dabei werden die Schichten der Zellwand auf dem Balken entsprechend dünner. Letzteres ergiebt sich schon aus dem Durchmesser des Balkens, der in einigermaassen stark verdickten Zellen so sehr hinter dem Durchmesser der Zellwand zurückbleibt. Namentlich sind es die jüngeren Schichten der Zellwand, welche sich am Balken bedeutend auszuweilen haben, da das Dickenwachsthum des Balkens sehr nachlässt, sobald derselbe eine gewisse Dicke erreicht hat.

Die geschilderten Verhältnisse werden besonders deutlich an Querschnitten des Alcoholmaterials, die ich in Wasser untersuchte. Nach einem derartigen Präparat ist unsere Fig. 1 entworfen. Noch deutlicher wird oft das Bild nach entsprechender Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure oder verdünnter Kalilauge; am deutlichsten nach der Färbung, etwa mit Methylgrün (Methylgrün in Wasser oder in 1% Essigsäure gelöst). So behandelt treten die innersten Schichten des Balkens und deren Ursprung innerhalb der Zellwand scharf hervor. Doch auch ohne Anwendung von Reagentien fallen diese Theile durch ihre stärkere Lichtbrechung meist schon auf.

Wie Dippel bereits bemerkt¹⁾), kann man auf Schnitten, die parallel zur Oberfläche der Rhizomtheile geführt sind, feststellen, dass der Durchmesser der Balken, die sich jetzt im Querschnitt präsentiren, abnimmt, in dem Maasse, als man sich der Oberfläche der Zellwand nähert. In gleichem Verhältniss nimmt die Zahl der Schichten (so weit unterscheidbar) im Balken ab. — Vereinzelte Querschnitte der Balken inner-

¹⁾ l. c. p. 187.

halb der Zellwand trifft man übrigens auch auf Querschnitten der Rhizome an (Fig. 2—9, Taf. I). Sie röhren von Balken her, welche innerhalb der Zellwand, annähernd parallel der Schichtung verlaufen. Man sieht diese Balken leicht auf Flächenansichten der Zellwand und kann feststellen, dass sie senkrechte Balkenpaare verbinden. Sie laufen parallel der Längsaxe des Stammes, nur vereinzelte in schräger Richtung. Sie liegen verschieden tief innerhalb der Zellwand und dementsprechend findet man ihren Durchmesser oft grösser oder kleiner (Fig. 2 und 3). Von einer bestimmten Dicke der Zellwand an hören diese Dickenunterschiede auf. In der Zellwand von *Caulerpa cupressoides* sind die Längsbalken sehr häufig und bilden hin und wieder fortlaufende Züge; bei *Caulerpa prolifera* findet man sie hingegen meist vereinzelt.

Hervorgehoben muss werden, dass *Caulerpa cupressoides* sehr ungünstig für das Studium der Beziehung zwischen Zellwand und Zellbalken ist. Die Balken erreichen gleich nach ihrer Anlage eine beträchtliche Dicke und nehmen, während die Zellwand weiter wächst, nur unmerklich an Umfang zu. Die Schichten der Zellwand keilen sich daher am Balken sehr stark aus und zwar schon in relativ äusseren Lagen: daher der Balken tatsächlich in fast unveränderter Dicke die ganze, hier mächtige Zellwand durchsetzt. Der geringe Zuwachs der Balken bringt es auch mit sich, dass man die zahlreichen Querschnitte derselben innerhalb der Zellwand fast in allen Tiefen gleich dick findet.

Die nach innen folgenden Schichten der Zellwand, welche den Querschnitt eines Balkens von dem Zelllumen trennen, sind der Dicke des Balkens entsprechend ausgebuchtet; die nach aussen folgenden Zellschichten, denen der Balken aufliegt, zeigen hingegen kaum gestörten Verlauf (Fig. 2, 3, 5). Die Schichten der Zellwand schliessen lückenlos dem Balken an (Fig. 2, 5, 7 zum Theil), oder man sieht zu beiden Seiten des Balkenquerschnittes einen Spalt, der sich meist deutlich mit granulirter (Fig. 3, 6), oder auch mehr oder weniger homogener Substanz (Fig. 7 zum Theil) erfüllt zeigt. Diese Substanz nimmt mit Jod gelbbräunliche Färbung an.

Wie wir sehen, entspricht unsere Fig. 1, Taf. I, so wie die Dippel'schen Bilder, durchaus dem von Naegeli und Schwennerdener in Fig. 239 B (l. c.) entworfenen Schema. Dieses Schema

sollte zeigen, wie ein Bild der Caulerpa aussehen müsste, um das Wachsthum durch Auflagerung zu beweisen. Da nun unsere Figuren durchaus diesem Schema entsprechen, so hätten wir mit Naegeli und Schwendener selbst hier auf ein Wachsthum durch Apposition zu schliessen. In anderem Sinne lassen sich auch in der That unsere Figuren kaum deuten. Die Einschliessung der longitudinalen Balken in die Zellwandung wäre bei einem Wachsthum durch Intussusception und Schichtbildung durch Spaltung, kaum vorstellbar. Wir können alle Phasen dieser Einschliessung an unseren Praeparaten verfolgen. In Fig. 4 liegt ein Balken der Wandung an; in Fig. 3 ist ein solcher von nur wenigen Schichten bedeckt. Dabei liegen in letzterem Falle die neuen Schichten beiderseits vom Balken den älteren nicht dicht an, der entstandene Spalt ist mit granulirtem Inhalte erfüllt, der seiner Reaction nach, auf eingeschlossenes Plasma hinweist (so auch in Fig. 6). In anderen Fällen haben sich die neuen Schichten ganz dicht dem Balken angelegt, scharfe Biegung in den Winkeln zu beiden Seiten desselben erfahrend (Fig. 2, 5 der äusserste Balken); es fehlt jeglicher Substanzeinschluss. Sehr instructiv sind Fälle, die abnormer Weise sich gegenseitig berührende und den Schichtenverlauf der Zellwand somit störende Balken eingeschlossen zeigen. Solche Störungen sind in den inneren Theilen der in Fig. 5 dargestellten Zellwand zu sehen. Noch interessanter ist Fig. 8. Die Schichten der Zellwand müssen sich hier zwischen einem longitudinal und einem schräg radial verlaufenden Balken tief einbuchen. Der Spalt wurde schliesslich sehr schmal und die nun folgenden Schichten liefen über denselben hinweg, das in dem Spalt noch vorhandene Plasma gleichzeitig abschliessend. Gewissermaassen die Entwicklungsgeschichte dieses Falles wird uns durch die Fig. 9, Taf. I vorgeführt, in der ich nur die innersten Theile der betreffenden Scheidewand abgebildet habe. Der mit Plasma erfüllte Spalt in dieser Figur entspricht durchaus demjenigen der Fig. 8; er hängt noch mit dem Zelllumen zusammen, hätte aber sicher alsbald dasselbe Loos wie in Fig. 8 erfahren.

Der Naegeli'schen Theorie zufolge wird die Schichtung der Zellwände und Stärkekörper durch Abwechslung wasserärmerer und wasserreicherer, respective dichterer und weniger dichter Schichten veranlasst. Meine Untersuchungen zwingen mich von

dieser Auffassung abzugehen. Ich finde die Schichtung im letzten Grunde auf Lamellen zurückführbar, die wie die Blätter eines Buches auf einander folgen. Diese Lamellen sind in homogen geschichteten Häuten und in Stärkekörnern bei ihrer Anlage gleich dicht und können auch später gleich dicht bleiben oder sich auch einzeln oder in grösseren Complexen von andern Lamellen oder Lamellencomplexen unterscheiden. Eine regelmässige Abwechselung wasserarmer und wasserreicher Schichten ist in keinem Falle gegeben und was als solche gedeutet wurde, ist die optische Wirkung der mit den Lamellen abwechselnden Contactflächen, oder Differenzen im optischen Verhalten aufeinanderfolgender Lamellencomplexe.

Eine allgemeine Verbreitung in der Abwechselung dichterer und weniger dichter Schichten glaubte bereits Schmitz in Abrede stellen zu müssen. Die weniger dichten Schichten konnte er in zahlreichen Fällen nicht sichtbar machen¹⁾.

Ich beabsichtige in Folgendem zwischen Lamellen und Schichten zu unterscheiden. „Lamellen“ nenne ich, so weit thunlich, primäre Bildungen, wie sie unmittelbar aus dem Protoplasma der Zelle hervorgehen; während „Schichten“ gegenüber einander besonders abgesetzte Lamellencomplexe sein sollen. Unter „Lamellen“ verstehe ich somit ein einfaches einheitliches Gebilde, während „Schicht“ ein aus Lamellen zusammengesetztes Gebilde ist. Gleichzeitig benutze ich noch die Bezeichnung „Grenzhäutchen“, welches den dichteren Innenrand einer Schicht bedeuten soll. Das Grenzhäutchen wird oft, als scheinbar einheitliches Gebilde, mehreren Schichten gleichzeitig zugehören können. — Es leuchtet ein, dass die konsequente Durchführung dieser Bezeichnungsweise oft auf unüberwindliche Schwierigkeiten stossen wird, doch in den meisten Fällen wird sie zur Klarheit der Schilderung beitragen und somit ihren Zweck erreichen. Auch wird für alle Fälle festgehalten, dass Lamelle ein der Schicht untergeordneter Begriff ist.

Die bei Caulerpa sich markirenden Schichten sind im Grossen und Ganzen Lamellencomplexe. An einzelnen Stellen sieht man wohl auch die sehr dünnten Lamellen angedeutet; sie treten bei vorsichtiger Anwendung von Quellungsmitteln

¹⁾ Stzbr. d. niederrh. Gesell. f. Natur- und Heilkunde in Bonn, 6. Dec. 1880. Sep. Abdr. p. 5, Anm.

hier und dort deutlicher hervor. Dass die Schichten dieser gleichmässig verdickten Zellwand bis zu einem gewissen Maasse verschiedene Dichte und auch chemische Natur besitzen, lehrt ihr optisches Verhalten, sowie auch jede Behandlung mit Jod, welches die meisten Schichten gar nicht, einzelne aber gelblich, ähnlich der an der Oberfläche befindlichen Cuticula, färbt. Letztere ging auch durch chemische Metamorphose aus den äussersten Lamellen der Zellwand hervor. Manchmal färben sich breitere Streifen innerhalb der Zellwand nach Jodzusatz gelb; sie keilen sich beiderseits aus (Taf. I, Fig. 10) und erwecken die Vorstellung, als seien hier Theile des Zellinhalts zwischen die Zellwandschichten gerathen und zu einer homogenen Masse verschmolzen. Scheinbar ganz dasselbe optische und chemische Verhalten können nämlich auch die schon früher erwähnten Einschlüsse zu den Seiten eines longitudinalen, in der Zellwand eingeschlossenen Balkens zeigen (Fig. 7 der aussere Balken). An den durch's Messer zerfetzten Rändern zarter Schnitte zeigen sich die Lamellencomplexe oft von einander getrennt und laufen in zarte Streifen aus. Ich glaube mit Sicherheit behaupten zu können, dass die Trennung hier nicht an den Appositionsfächern vor sich geht, sondern innerhalb einzelner Lamellen. Wie diese nun zu grösseren Complexen vereinigt bleiben, ist Sache des Zufalls. Besonders interessante, ähnlich aussehende Präparate erhält man, wenn man Schnitte unter schwacher Neigung zur Längsaxe des Rhizoms durch die Zellwand führt. An den Rändern solcher Schnitte erscheinen die Schichtenränder auseinandergesetzt, meist ein unregelmässiges Maschenwerk bildend. Sie präsentieren sich hierbei in sehr verschiedener Dicke und nicht selten sieht man eine scheinbar einfache Schicht sich weiterhin in viele dunnere zerlegen, diese sich mit anderen, oder wieder mit einander, vereinigen (Fig. 11). Die Grenze der Trennungsfähigkeit wird, allem Anscheine nach, auf diesem Wege nicht erreicht. Die von den Schichtenrändern gebildeten Streifen erscheinen in dieser Trennung so stark lichtbrechend, dass sie selbst bei grösserer Dicke Einblick in einen weiteren lamellösen Bau nicht gestatten.

Auch in der unversehrten *Caulerpa*-Membran kommen Continuitäts-Unterbrechungen, wohl durch nachträgliche Spannungen verursacht, vor. In der Nähe der die Zellwand durch-

setzenden Balken sind Spannungen und somit Spalten besonders häufig.

Einzelne Schichten zeigen sich öfters wie aus kleinen anticlin gestellten Stäbchen aufgebaut. Dieser Erscheinung werden wir noch oft begegnen und begnügen ich mich zunächst damit, auf dieselbe hingewiesen zu haben.

Bei Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure bleibt von der ganzen Wandung schliesslich nur die sich braun färbende Cuticula zurück. Sie ist an manchen Stellen so stark, dass sie sicher aus der Metamorphose mehrerer Lamellen hervorgegangen sein musste. Mit starker Anschwellung springt sie in die Basis der Balken vor. Im frischen Zustande ist sie nicht scharf gegen die übrige Membran abgegrenzt.

Ist durch äusseren Einfluss die Cuticula an der Zellwand zerstört worden, so kann sie wieder ersetzt werden. Es cuticularisiren dann nämlich die freigelegten Stellen bis zu grösserer oder geringerer Tiefe.

In manchen Fällen gelingt übrigens nach erfolgtem Eingriff die Abgrenzung durch Cuticularisirung nicht und die Desorganisation der Membran schreitet gegen das Innere fort. Die Zerstörung greift am schnellsten in den Balken vor sich (Fig. 8).

Die Zellwand wird auf ihrer innern Seite von einer Lage feinkörnigen Protoplasmas überzogen. Die Körnchen in diesem Protoplasma will ich, soweit sie auf Eiweiss reagiren, mit der Hanstein'schen Bezeichnung „Mikrosomen“¹⁾ belegen. Zahlreiche Stärkekörper sind dem Protoplasma eingelagert.

Die innerste an den Plasmakörper grenzende Zellwandlamelle zeichnet sich kaum durch grössere Lichtbrechung aus.

Ueber die Anlage der Balken von Caulerpa gibt Naegeli in seinen „Stärkekörnern“²⁾ nur an, dass sie als unmessbar feine Fäden zu einer Zeit schon entstehen, wo die Membran noch sehr dünn ist, und dass sie dann gleichzeitig mit der Membran in die Dicke fortwachsen. Schacht ist der Ansicht, dass die „Zellstofffäden“ der Caulerpa, wie diejenigen in der vorderen Aussackung des Embryosackes von Pedicularis, aus

¹⁾ Hanstein, Das Protoplasma, Heidelberg 1880, p. 22. Vgl. auch Schmitz, Stzbr. d. Niederrh. Gesell. f. Natur- und Heilkunde in Bonn, 13. Juli 1880. Sep.-Abdr. p. 4.

²⁾ p. 285.

Protoplasmastromen hervorgehen¹⁾). Hofmeister²⁾ wendet sich gegen diese Auffassung Schachts mit der Bemerkung, „dass bei Pedicularis die Verästelungen des Netzes von Protoplasmastromen ziemlich einfach seien und keine Ähnlichkeit hätten mit den reichen Auszweigungen des Systems anastomosirender Zellhautstoffbalken. Die Anordnung des Protoplasma in strömende Stränge verschwinde zudem längere Zeit vor dem ersten Sichtbarwerden der Fasern. Vor und bei dem Auftreten dieser, habe der protoplasmatische Inhalt, von sehr zahlreichen kugeligen Vacuolen durchsetzt, ein schaumiges Aussehen.“

Auf zarten Längsschnitten, durch die Rhizomspitze der mit Alcohol fixirten Exemplare, findet man den fortwachsenden Scheitel mit Protoplasma dicht erfüllt. Dieses Protoplasma führt Mikrosomen von gelbbrauner Jodreaction, ausserdem viel grössere Stärkekörner. Dicht unterhalb des Vegetationspunktes beginnt das Plasma eine bestimmte Anordnung zu zeigen, besonders sich peripherisch in einzelne, gegen die Zellwand senkrecht gerichtete Stränge zu legen; ein centrales, cylindrisches Lumen sondert sich gleichzeitig aus. Die Cellulosebalken treten im Innern der Plasmastränge als äusserst zarte und dünne Fäden auf. Diese Fäden sind durch aneinander gereihte Mikrosomen markirt und erinnern durchaus an die optischen Durchschnitte von Zellplatten bei Anlage von Zellmembranen. Die aneinandergereihten Körnchen scheinen identisch mit den nebenan im Protoplasma zerstreuten zu sein. An etwas vom Scheitel entfernteren Orten sind bereits zusammenhängende Fäden entstanden, mit schwach perlschnurformigen Einschnürungen der Oberfläche. Solchen Fäden haftet mikrosomenreiches Plasma an, zu dem sich alsbald grössere Stärkekörner gesellen. Die Balken werden als gerade, senkrecht gegen die Zellwand gerichtete Fäden angelegt, sie anastomosiren durch Seitenzweige und zeigen, an vom Scheitel entfernteren Orten, einen unregelmässigeren Verlauf. Der mediane Längsschnitt durch ein Rhizomende lehrt, dass in diesem ein ganz bestimmtes und regelmässiges Balkensystem ausgebildet wird und zwar besteht dasselbe aus den der Zell-

¹⁾ Lehrb. d. Anat. u. Phys. Bd. I, 1856, p. 37 u. 38, u. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. III, 1863, p. 348.

²⁾ Pflanzenzelle p. 181.

wand entspringenden, vorwiegend anticlin verlaufenden Strängen und einem longitudinalen Strangsystem, das eine Art Hohlcylinder in der Axe des Stammes bildet. Dieses longitudinal verlaufende System hängt mit dem anticlin verlaufenden zusammen und werden die longitudinalen Balken durch die anticlinen und auch durch die periclinen verbunden. Ausserhalb des axilen Balkensystems erfolgt die longitudinale und transversale Verbindung der anticlinen Stränge nur in ganz unbestimmter Weise. Der longitudinalen Verbindungsstränge, die an der Zellwand, später zum Theil innerhalb der Zellwand liegen und bei *Caulerpa prolifera* nur sehr schwach, bei *Caulerpa cupressoides* viel stärker entwickelt sind, habe ich schon früher gedacht. — Das Protoplasma des Stammes zeigt, sobald das Balkensystem entwickelt ist, auch eine ganz bestimmte Anordnung. Eine dicke Schicht überzieht die Zellwand, eine ähnliche doch schwächere Schicht ist in einiger Entfernung von der Zellwand und zu ihr parallel, an den anticlinen Balken suspendirt: es sieht aus, als wäre eine Epidermis durch diese Schicht nach aussen abgegrenzt. Endlich überzieht ein zusammenhängender Mantel aus Protoplasma das axile, longitudinale Balkengerüst. An diesem axilen Balkengerüst haften besonders viel Stärkekörper, so dass es nach Zusatz von Jod ganz dunkel gefärbt in die Erscheinung tritt.

Aus dem Studium des Längsschnittes durch die Stamm spitze geht auch unzweifelhaft hervor, dass die Cuticula, Dippel's Extracellulärsubstanz, nicht etwa ein Ausscheidungsproduct der Zellwand, sondern die veränderte äusserste Schicht derselben ist. Gleichzeitig ist festzustellen, dass die longitudinal-periclin verlaufenden Balken, die später in die Zellwand gelangen, frei im Zellum, nahe der Zellwand, angelegt werden.

Als ein besonders günstiges Object für das Studium geschichteter Zellhäute empfiehlt Dippel¹⁾, mit Recht, das Markgewebe der holzigen *Clematis*-Arten.

So lange die Stengelglieder von *Clematis Vitalba* noch im Längenwachsthum begriffen sind, findet man, wie schon Dippel²⁾ hervorhebt, deren Markzellen nur von der primären Zellwand umgeben. (Taf. I, Fig. 12.) Diese Wand lässt sich nicht in

¹⁾ Abhandl. d. Senckenbergischen Naturf. Gesell., Bd. X, 1876, p. 197.

²⁾ Mikroskop, 1869, II. Theil, p. 75 und l. c.

Lamellen zerlegen und reagirt gleichmässig in ihrer ganzen Dicke. Dass sie dennoch spaltbar ist, zeigt sie an den Stellen, wo sich die Zellen von einander trennen (Fig. 12). In jüngeren Internodien geben die primären Wände noch reine Cellulose-reaction, in älteren sind sie chemisch verändert (cuticularisirt), und zwar noch bevor die Bildung der secundären Schichten begonnen hat¹⁾. Schnitte, durch nächst tiefere Internodien geführt, zeigen bereits den Beginn der secundären Ablagerung und zwar die gebildete Verdickungsschicht durch eine zarte, nicht leicht wahrnehmbare Linie von der primären Wandung abgegrenzt. Fügt man Chlorzinkjodlösung hinzu, so färbt sich nur die secundäre Schicht blau. Mit Schwefelsäure quillt diese Schicht auf und wird schliesslich gelöst, während die Mittellamellen der primären Wände zurückbleiben. Weiterhin lässt sich feststellen, so wie es Dippel beschreibt, dass Markzellen älterer Internodien eine entsprechende Zunahme secundärer Schichten aufzuweisen haben. Diese Schichten setzen deutlich gegen einander ab. Die Zahl der Schichten ist für eine begrenzte Markregion constant, was sich leicht bei Quellung in Schwefelsäure feststellen lässt. In ältesten Markzellen zählte ich bis 8, Dippel²⁾ bis 10 Schichten.

Die in der Entwicklung begriffene jüngste Verdickungsschicht zeigt sich, solange sie nicht ihre volle Dicke erreicht hat, gleichmässig stark lichtbrechend. Gegen Ende ihrer Entwicklung fängt der äussere Theil an, schwächer lichtbrechend zu werden. So brechen auch die älteren Schichten das Licht weniger stark und nur der Innenrand jeder Schicht fällt durch grössere Lichtstärke auf. Die optische Wirksamkeit dieser Schichtenränder wird durch Brechungerscheinungen an der Adhäsionsfläche erhöht. In Schwefelsäure gequollene Schichten zeigen sich durch bräunlich gefärbte dünne Grenzhäutchen getrennt (Taf. I, Fig. 14). Hin und wieder ist eines der innersten Grenzhäutchen etwas stärker entwickelt. Während der Quellung schlagen die Grenzhäutchen der inneren Schichten meist Falten. Jede einzelne Schicht neigt überhaupt dazu, sich an ihrer Innenseite stärker auszudehnen, was bei anhaltender Quellung zum einseitigen Aufreissen der äusseren Schichtkomplexe

¹⁾ Dippel, l. c. p. 197.

²⁾ l. c. p. 200.

führt. Diese strecken sich nun mehr oder weniger gerade (Taf. I, Fig. 14, 15). Diese Trennung erfolgt nicht an der Grenzfläche, vielmehr im Innern der Schichten.

In besonders günstigen Fällen lassen die Schichten, mit einiger Deutlichkeit, einen lamellen Bau erkennen. Die besten Quellungsbilder erhält man aber, wenn man die Quellung langsam erfolgen lässt, zunächst verdünnte Säure einwirken lässt und hierauf erst deren Concentration steigert. Die Grenzhäutchen sind so dünn, dass wohl kaum mehr als eine einzige Lamelle in deren Bildung eingeht.

Bei fortgesetzter Einwirkung der Schwefelsäure werden die Schichten gelöst, die Grenzhäutchen widerstehen länger; zurück bleibt schliesslich nur braunes Netzwerk mit regelmässig dreieckigen Intercellularräumen: es wird von den Mittellamellen der primären Wände gebildet. In Fig. 16, welche dieses Netzwerk zeigt, sieht man rechts eine Stelle, wo die Zellen von einander getrennt waren. Dementsprechend sind die Lamellen dort verdoppelt und von halber Dicke.

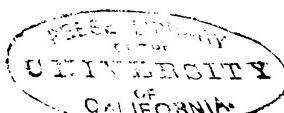
Eine Trennung der Schichtentheile durch das Messer gelingt am leichtesten auf schräg gegen den Stamm geführten Schnitten. Die Schnittänder erscheinen zerfasert, Schichten-complexe hier und dort von einander gelöst. So weit sich durch Quellung in Schwefelsäure feststellen lässt, erfolgt die Trennung durch das Messer auch nur innerhalb der Schichten.

Die Verholzung schreitet in jeder Schicht von aussen nach innen fort, die Grenzhäutchen zeigen sich, ihrem Verhalten gegen Schwefelsäure nach, cuticularisiert, sie bezeichnen wohl längere Ruhepausen in der Wandverdickung.

Jede neue Schicht folgt der vorhergehenden in der Anlage erst, wenn letztere ihre volle Ausbildung erreichte, ihr Grenzhäutchen erhielt und ihren chemischen Charakter soweit verändert hat, dass sie sich nicht mehr direct mit Chlorzinkjodlösung violett, vielmehr nur gelbbraun färben lässt. Die Violettfärbung gelingt hingegen nach Behandlung der in Schwefelsäure gequollenen, in destillirtem Wasser ausgespülten Schichten mit Chlorzinkjodlösung; alle Schichten nehmen jetzt die gleiche Farbe an und zwar werden sie schmutzig violett, während ihr innerer stark lichtbrechender Rand, das Grenzhäutchen, sich schwach gelbbraun und nur in einzelnen Fällen noch mit schwach violettem Anflug tingirt. Die Färbung der

Grenzhäutchen stimmt mit derjenigen der Mittellamellen der primären Wände überein, nur ist sie schwächer. Nach sorgfältigem Auslaugen in Wasser kann es übrigens hin und wieder gelingen, selbst schwach violette Färbung der Mittellamellen mit Chlörzinkjod zu erhalten.

Ich habe die Tüpfel der Markzellen von Clematis Vitalba bisher unberücksichtigt gelassen, um dieselben jetzt gesondert behandeln zu können. Diese Tüpfel treten erst mit Beginn der secundären Verdickung auf. Man kann sich hiervon leicht durch Anwendung von Schwefelsäure überzeugen, denn nach Entfernung der Verdickungsschicht ist auch die Tüpfelung verschwunden. — Die Tüpfel sind meist sehr eng, doch dazwischen einzelne auch weiter (Taf. I, Fig. 13). Auf entsprechend dünnen Schnitten spricht der Augenschein dafür, dass der ganze Tüpfelraum von dem stärker das Licht brechenden Grenzhäutchen der innersten Verdickungsschicht ausgekleidet sei. Dieses Bild bleibt sich aber gleich, ob man Zellen mit nur einer oder mit mehreren Verdickungsschichten untersucht. Der Augenschein kann hier somit kaum das Richtige lehren. Man müsste denn ein Einschachtelungssystem sämmtlicher Grenzhäutchen innerhalb des Tüpfelraumes annehmen: dagegen spricht der Umstand, dass der Tüpfelraum während der fortgesetzten Verdickung der Wände nicht verengt wird, die Schliesshaut des Tüpfels nicht an Dicke zunimmt; dann auch, dass bei Quellung in Schwefelsäure die Grenzhäutchen der aufeinanderfolgenden Verdickungsschichten an ihren Rändern innerhalb des Tüpfelkanals von einander reissen, eine Zerlegung der Tüpfelwandung in einzelne Blätter durchaus nicht gelingt. Ueberhaupt ist hier das Studium des Quellungsvorgangs in Schwefelsäure für die ganze Frage der Tüpfelauskleidung besonders instructiv. Die Grenzhäutchen der einzelnen Verdickungsschichten markiren sich bei beginnender Quellung sehr scharf und man sieht sie deutlich am Tüpfelkanalrande schwach umbiegen und enden. Bei fortschreitender Quellung der Schichten trennen sich die Ränder der Grenzhäutchen innerhalb des Tüpfelkanals von einander und so auch trennt sich der Rand des Grenzhäutchens der ersten Verdickungsschicht von der Schliesshaut des Tüpfels. Im Höhepunkte der Quellung sind die Ränder der Grenzhäutchen weit auseinander gerückt, zeigen sich aber noch am oblitterirenden Tüpfelrande etwas nach aussen



gebogen. Das Grenzhäutchen jeder Schicht scheint somit im Tüpfelkanal die Ränder der äusseren Lamellen derselben Schicht zu decken. Soll hier aber wirklich das Uebergreifen einer inneren Lamelle über die äusseren derselben Schicht angenommen werden? Ich glaube es nicht, bin vielmehr der Meinung, dass derselbe chemische Vorgang, dem das Grenzhäutchen an der Innenfläche der Schicht seine Differenzirung verdankt, auch die freien Ränder der andern Lamellen im Tüpfelkanale trifft. Diese Uebereinstimmung der chemischen Ausbildung ruft den Anschein einer Continuität hervor, die sich über die ganze Tüpfelwand fortsetzt. Das Grenzhäutchen, das den Tüpfelkanal auskleidet, ist somit eine zusammengefügte Bildung verschiedenen Ursprungs.

Wie aber die stärker lichtbrechenden Ränder der aufeinanderfolgenden Verdickungsschichten sich vereinigen, um eine auch bei stärkerer Vergrösserung und auf den gelungenen Schnitten continuirliche Auskleidung des Tüpfelkanals zu bilden, so vereinigt sich auch der stärker lichtbrechende Rand der ersten Verdickungsschicht mit der Schliesshaut zu einem scheinbar fortlaufenden Gebilde. Die Schliesshaut ist übrigens noch um ein Weniges lichtbrechender als die Grenzhäutchen, sie nimmt bei Behandlung mit Chlorzinkjodlösung einen etwas abweichenden Farbenton an und zeichnet sich endlich durch ihre Porenösität aus. Mit Schwefelsäure quillt sie kaum. In ihrem Innern wird die Schliesshaut von der Mittellamelle durchsetzt, letztere ist somit nicht resorbirt worden. Von dem Gesagten kann man sich leicht bei Anwendung von Schwefelsäure überzeugen, indem nach längerer Einwirkung derselben die primäre Verdickung der Schliesshaut aufgelöst wird, die Mittellamelle aber zurückbleibt.

Selbst die ältesten Markzellen von Clematis haben, so lange sie neue Verdickungsschichten bilden, einen Zellkern aufzuweisen. So lange sie diesen besitzen, kommt ihnen auch die Fähigkeit zu, sich mit Stärke zu füllen. Der Zellkern ist auf Längsschnitten mit Essigsäure-Methylgrün leicht sichtbar zu machen. Auch ein sehr reducirter protoplasmatischer Wandbeleg ist in den Zellen vorhanden.

In den „dickhäutigen“ Markzellen älterer Triebe von

Taxodium distichum hatte bereits Th. Hartig¹⁾ die Auskleidung der Tüpfel durch die innerste stärker lichtbrechende Lamelle der secundären Verdickung (seine Ptychode) angenommen. Aehnlich giebt Dippel an²⁾, dass zarte Schnitte sofort die Auskleidung des ganzen Tüpfels durch die innerste stark lichtbrechende secundäre Schichtlamelle erkennen lassen. An manchen Stellen, schreibt er, vereinigen sich die den Nachbarzellen angehörigen Lamellen mit einander zu einer einfachen Schliesshaut, an andern bleiben sie in etwas von einander getrennt und lassen eine röthlichgraue, schwach lichtbrechende Masse zwischengelagert erkennen. Die primäre Zellhülle soll eben an den Stellen, wo die benachbarten, correspondirenden Tüpfel aufeinander treffen, aufgelöst worden sein und entweder ganz fehlen oder noch als Umwandlungsproduct die Lamellen trennen.

Meine aus frischem und aus Alcohol-Material gewonnenen Schnitte zeigten mir in der That ähnliche Bilder, wie ich sie in den Markzellen von *Clematis* gesehen hatte, das heisst die Auskleidung des ganzen Tüpfelraumes durch das innerste stark lichtbrechende Grenzhäutchen der secundären Verdickungsschicht. Mit Chlorzinkjod behandelte Schnitte (Taf. I, Fig. 17) liessen an den betreffenden Zellen die sich gelb färbenden, primären Wände und die sich, je nach dem Alter, violett wie gelb tingirende Verdickungsschicht unterscheiden. Das Grenzhäutchen scheint manchmal, bei sonst violetter Färbung der Verdickungsschicht, gelblichen Ton anzunehmen, was aber sicher nur, wie zarte Schnitte lehren, eine Folge der stärkeren Lichtbrechung in dieser Stelle ist. Nie sah ich das Grenzhäutchen seinen Cellulose-Charakter einbüßen, bevor die äusseren Theile der Verdickungsschicht verholzt waren. Die Schliesshaut der relativ weiten Tüpfel zeigt etwas stärkeres Lichtbrechungsvermögen als wie das Grenzhäutchen; ausserdem ist sie porös, oder doch von feinen senkrechten Streifen durchsetzt. Auch nimmt sie bei der Färbung in Chlorzinkjod einen mehr in's Graue spielenden Ton an. Weiter zeigt sie sich von dem Grenzhäutchen in ihrem Verhalten gegen Schwefelsäure ver-

¹⁾ Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzen, S. 12, Fig. 12—15, 1843.

²⁾ Abb. d. Senck. Gesell., Bd. XI, 1879, p. 174.

schieden. Bei vorsichtiger Anwendung derselben gelingt es, die Verdickungsschichten ganz hinwegzulösen, während die Schliesshaut intact zurückbleibt (Fig. 18). Dann namentlich ist auch ihre feinere Structur leicht zu sehen. Bei weiterer Einwirkung der Schwefelsäure schwindet auch die stark lichtbrechende primäre Verdickungsschicht der Schliesshaut und es bleibt an dieser Stelle nur die äusserst zarte, scheinbar unversehrte Mittellamelle zurück.

Ich nehme nach Alledem an, dass das Grenzhäutchen der Verdickungsschicht bei *Taxodium* in ganz demselben Verhältniss zu der Schliesshaut steht, wie ich dies für *Clematis* gefunden.

Vergleicht man die Verdickungsschichten der Markzellen von *Clematis* mit der secundären Verdickung der Markzellen von *Taxodium*, so müsste letztere im Hinblick auf das nur eine Grenzhäutchen, als einzige Verdickungsschicht angesehen werden. In diesem Sinne habe ich bei meiner Schilderung auch die Ausdrücke gewählt. In Schwefelsäure quellend verrathen aber auch die Markzellen von *Taxodium* oft lamellösen Bau, und wo die Grenzen einzelner Lamellen schärfer markirt sich zeigen, da wird die Deutung, ob eine Verdickungsschicht, ob mehrere, fraglich. Doch ist die Entscheidung im Grunde genommen gleichgültig und hielt ich mich daher bei derselben nicht auf.

Im Endosperm von *Ornithogalum umbellatum* kleidet das Grenzhäutchen, in der schon beschriebenen Differenzirung und Zusammensetzung, den Tüpfelkanal ebenfalls aus (Taf. I, Fig. 19). Dabei sieht es auch aus, als wenn dieses Grenzhäutchen sich in die Schliesshaut direct fortsetzen und zusammen mit dieser nur eine einzige fortlaufende Lamelle bilden möchte. Die ganze mächtige Verdickungsmasse der Zellwand ist sehr homogen, von nur einem einzigen Grenzhäutchen nach innen abgeschlossen und kann daher wieder als einzige secundäre Verdickungsschicht angesprochen werden. Sie entwickelt sich sehr rasch, scheinbar ohne längere Unterbrechung.

Die Untersuchung junger Entwicklungszustände zeigt, dass die Bildung secundärer Verdickung in den Endospermzellen erst beginnt, wenn der Embryosack mit Gewebe sich völlig erfüllt hat. Die Verdickung der Zellen fängt in der Peripherie des Embryosackes an und schreitet rasch gegen dessen Mitte fort. Diesem Umstände ist es zu danken, dass man oft

auf einem einzigen Schnitte alle Entwicklungsstadien beisammen hat.

Die noch unverdickten Zellen zeigen ein relativ lockeres Netz aus Protoplasma, in dessen Innerem der Zellkern suspendirt ist. Die primäre Wand wird von einem sehr zarten Plasmaschlauch ausgekleidet, der zahlreiche kleine, sich mit Jod hellbraun färbende Mikrosomen führt. Gleichzeitig schwinden langsam die zuvor zahlreich in dem Zellinhalt vertretenen Stärkekörper. Kurz vor Vollendung der Verdickung sind sie gar nicht mehr in der Zelle anzutreffen. An Alcohol-Material muss es weiter auffallen, dass der Zellinhalt nach Beginn der secundären Verdickung mehr zur Contraction neigt wie zuvor. Sowohl vor wie nach Beginn der secundären Verdickung kann die vom Zellinhalt entblößte Wandung glatt erscheinen, oder von Mikrosomen dicht besetzt sein. Im letzteren Falle ist an der Zellwandung, während sich die Hauptmasse des Protoplasma zurückzog, ein äusserst zarter, Mikrosomen führender Plasmaschlauch zurückgeblieben. Derselbe haftet der Zellwand dicht an, seine Mikrosomen sind zu einer einfachen Schicht an einander gereiht (Taf. I, Fig. 22). In anderen Fällen zeigt sich die Zellwand völlig glatt, das ganze Plasma ist von derselben zurückgetreten. Ich kann auf Grund dieser und anderweitiger Wahrnehmungen welche diese Beobachtung ergänzen, nicht daran zweifeln, dass die an der Wand haftende mikrosomenhaltige Hautschicht zur Verdickung der Zellwand verwendet wird. Der zurückgetretene Inhalt ist dann nicht scharf abgegrenzt, was an ältere Angaben Pringsheim's erinnert, der ja schon 1854 die Zellwandschichten aus der Hautschicht des Protoplasmas entstehen liess und ein Fehlen der Hautschicht gleich nach vollendetem Zellwändebildung behauptete¹⁾.

Die Umbildung der Hautschicht in die Zellwand sollte nach Pringsheim dann erfolgen, wenn die Hautschicht den höchsten Grad ihrer Ansammlung erreicht habe, d. h. wenn sie einen vollständigen Wandüberzug bilde²⁾). Pringsheim führte für seine Auffassung vornehmlich an, dass Schwärmsporen im Augenblicke, wenn sie sich festsetzen, oder doch kurz nachher, gar keinen

¹⁾ Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle, 1854, p. 45, 69 u. A.

²⁾ l. c. p. 45, 46.

„Primordialschlauch“ mehr besitzen, hingegen eine Zellstoffmembran zeigen. Innerhalb dieser ziehe sich der Zellinhalt zusammen, ohne eine vollständig ihn umschliessende Grenzlinie zu zeigen. Später, wenn die Wurzelverlängerung der keimenden Zoospore schon etwas grösser geworden, sei die Ansammlung neuer Hautschicht wieder so weit vorgeschritten, dass sie membranartig erscheine¹⁾). In den Zellen der Oedogonien falle der Zustand der grössten Ansammlung der Hautschicht mit dem Zustande der grössten Inhaltsanfüllung der Zelle zusammen; er geht also unmittelbar der Theilung voraus. Nachdem die Theilung aber vorüber ist und die jungen Zellen sich ausgedehnt haben, ist in ihnen die Hautschicht ganz oder doch zum grössten Theile wieder verschwunden²⁾). Die Annahme einer Secretion des Zellstoffes durch den Primordialschlauch an seiner äusseren Fläche erschien Pringsheim als eine nicht nur unnöthige, sondern sogar als eine falsche Hypothese³⁾.

Gegen Pringsheim's Auffassung wandte sich alsbald v. Mohl⁴⁾. Durch die einige Jahre später erschienenen Schriften von Naegeli, zunächst diejenige über Stärkekörner (1858), wurden dann die betreffenden Fragen auf ein ganz anderes Gebiet verschoben.

Die Verdickungsschichten der Endospermzellen von *Ornithogalum* zeigen, von der Fläche betrachtet, bei ihrem ersten Auftreten oft ausgeprägt netzförmige Vertheilung. In diesem Netze zeichnete sich dann besonders eine Anzahl zu einander paralleler Leisten aus, die durch quere, zunächst etwas schwächere Anastomosen verbunden erscheinen. Diese Bilder werden besonders deutlich bei Anwendung von Chlorzinkjodlösung, die zwar auch die primären Wände violett färbt, doch die verdickten Stellen besonders hervortreten lässt. Am dunkelsten erscheinen letztere in ihrer Mitte gefärbt, wo sie etwas älter sind. Das Netzwerk ist nicht in allen Fällen gleich deutlich ausgeprägt, so auch nicht in der Fig. 22, Taf. I. Die Lücken, welche zwischen den vorspringenden Leisten liegen, haben länglich ovale Gestalt, nehmen in der Folge rasch an Grösse ab und ihr Contour nähert sich mehr und mehr dem Kreise. Durchschnittene Zellen

¹⁾ l. c. p. 69, 70.

²⁾ l. c. p. 45.

³⁾ l. c. p. 72.

⁴⁾ Bot. Zeitung, 1855, Sp. 689 u. ff.

lassen an ihren Wänden die Anlage der Verdickung in Gestalt kleiner, etwas abgeflachter Höcker erkennen (Fig. 22 links). Diese Höcker nehmen rasch an Breite und Höhe zu, bis die zwischen ihnen gelegenen Räume auf die den Tüpfeln zukommende Weite reducirt sind. Jetzt erfolgt nicht mehr ein Breitenwachsthum, sondern ein Höhenwachsthum der vorspringenden Verdickungsschicht, wobei die Tüpfelkanäle ihre definitive Ausbildung erhalten. Sie werden gegen ihr inneres Ende verengt und erscheinen nun auch in Flächenansicht im Verhältniss zu ihrer Anlage auffallend verkleinert.

Die Verdickungsschichten haben von ihrer ersten Anlage an einen starken, das Licht brechenden Innenrand, somit ein Grenzhäutchen aufzuweisen, das etwas stärker markirt wird, wenn das Wachsthum vollendet ist. Die Schliesshaut des Tüpfels wird nur ganz wenig verdickt. Während des ganzen Wachstums der Verdickungsschichten sieht man aber das Grenzhäutchen, so wie im fertigen Zustande, in die Schliesshaut übergehen. Man hat aus ähnlichen Erscheinungen an anderen Objekten früher auf Wachsthum durch Intussusception geschlossen und gefolgert, dieselbe lichtbrechende Grenzlamelle sei es, die während des ganzen Wachstums die durch Spaltung sich vermehrenden Schichten im Innern der Zellwand decke. Ich nehme hingegen an, dass die Schichten einander apponirt werden. Für letztere Auffassung spricht entschieden die Art der Verdickung. Denn diese Verdickung fängt mit schmalem Grunde an, um sich allmälig auszubreiten. Das transitorische Grenzhäutchen röhrt aber von der stärkeren Lichtbrechung der jeweiligen jüngsten Lamelle her. Das optische Vermögen dieser Lamelle sinkt, sobald sie von anderen Lamellen bedeckt worden ist. In diesem Sinne schreibt bereits Schmitz¹⁾: „Vielfach kommt es auch vor, dass die jeweilig jüngste Membranlamelle Unterschiede gegenüber den älteren Lamellen darbietet und dann wohl als dichtere innerste Verdickungsschicht der Zellwand erscheint, um mit Ausbildung einer nächstjüngeren Membranlamelle, den älteren Lamellen entsprechende Beschaffenheit anzunehmen.“

Unsere Auffassung wird in gewissem Sinne auch durch die

¹⁾ Stzbr. d. niederrh. Gesell. f. Natur- u. Heilkunde in Bonn, 6. Dec., 1880, Sep. Abdr. p. 5.

Erscheinungen gestützt, die sich bei Einwirkung concentrirter Schwefelsäure auf fertig verdickte Zellen beobachten lassen. An solchen in concentrirtem Glycerin (nicht in Wasser) liegenden Präparaten sind nun in umgekehrter Reihenfolge alle die während der Entwicklung beobachteten Bilder vorzuführen. In concentrirtem Glycerin werden nämlich die Verdickungsschichten durch die Schwefelsäure, vom Zellumen gegen die primäre Zellwand hin, regelmässig fortschreitend gelöst. Die Verdickungsleisten nehmen jetzt in demselben Maasse an Grösse ab, als sie während ihres Wachsthums zunahmen, sie werden immer kleiner und schmäler, zeigen aber, unter dem Einfluss der Schwefelsäure stets ein stark lichtbrechendes Grenzhäutchen, das auch, ganz so wie während der Entwicklung, in die Schliesshaut des sich erweiternden Tüpfels continuirlich überzugehen scheint.

An den fertig verdickten Endospermzellen zeichnet sich das Grenzhäutchen oft mit doppeltem Contour, ist aber (sowohl bei *Ornithogalum* als auch bei anderen verwandten Endospermkörpern) chemisch nur wenig verändert; es widersteht kaum mehr als die äusseren Schichtentheile der Einwirkung von Reagentien.

Während der ganzen Dauer der Verdickung bleibt die primäre Wand der Zellen deutlich markirt.

Die Schliesshaut der Tüpfel erscheint im fertigen Zustande etwas stärker lichtbrechend als das Grenzhäutchen und ist nachweisbar porös.

Lässt man Schwefelsäure langsam auf Präparate einwirken, die in Wasser oder in Glycerin liegen, so werden die Verdickungsschichten aufgelöst, während ein Netzwerk sehr zarter Wände zwischen den Zellen zunächst erhalten bleibt. Leicht lässt sich auf diese Weise feststellen, dass auch die Schliesshaut von einer so zarten Mittellamelle durchsetzt wird. Diese Lamelle erscheint innerhalb der Schliesshaut wie schwach gequollen. Die zurückbleibenden Wände sind entschieden dünner als die Wände, an welche die durch Tüpfel ausgezeichneten Verdickungsschichten ansetzen und aus diesem Verhalten, wie auch aus der direkten Beobachtung jüngster Entwicklungszustände folgt, dass eine gleichmässige Verdickung der cambialen Wände, der Anlage der getüpfelten Schicht vorausgeht. In der That fanden wir ja auch wiederholt die primären Wände vor Beginn der Tüpfelbildung von Mikrosomen besetzt. — Die

dünne gleichmässige primäre Verdickungsschicht wird wie die getüpfelte secundäre aufgelöst und es bleiben somit von der primären Wand nur die etwas resisterenteren Mittellamellen zurück. Ich stimme nach alledem mit Dippel überein¹⁾, der die primären Wände (seine Mittellamellen) aus drei Schichten bestehen lässt. Dippel fasst diese Schichten als die cambiale Zellhülle und die primären Zellhüllen auf, was in andern Worten auch aus meinen Schilderungen folgen würde, denn ich lasse die primären Wände aus den cambialen Wänden und der dieselben deckenden, gleichmässigen, primären Verdickungsschicht bestehen. Auf diese folgt erst die durch die Tüpfelbildung ausgezeichnete, secundäre Verdickungsschicht. Gewöhnlich folgt der Auflösung der Verdickungsschichten rasch auch das Schwinden des primären Netzwerkes, doch kann man die Concentration der Schwefelsäure so reguliren, dass dasselbe erhalten bleibt. Ich habe schon nebenbei bemerkt, dass die Quellung und Auflösung der Verdickungsschichten in Schwefelsäure verschieden vor sich geht, je nachdem die Präparate in Glycerin oder in Wasser liegen. Während nämlich in Glycerin die Verdickungsschichten von innen nach aussen angegriffen werden, sieht man umgekehrt in Wasser die äussersten, an die Mittellamellen der primären Wand anstossenden Lamellen zuerst sich lösen, so dass die Verdickungsschichten sich von den Mittellamellen der primären Wand gleichsam abheben. Die schwache primäre Verdickungsschicht der Schliesshaut wird bei diesem Vorgang entweder auch gleich aufgelöst, oder sie quillt nur ein wenig (bei schwächerer Einwirkung der Säure) und man sieht dann die durch ihren Inhalt gekennzeichneten, stark verengten Tüpfelkanäle, die mächtig gequollenen Verdickungsschichten bis an die Schliesshaut hin durchsetzen. An seiner Basis erweitert sich der Tüpfelkanal ein wenig und schliesst hier mit einer aus gelbbraun sich färbenden, regelmässig vertheilten Körnern gebildeten Scheibe ab (Taf. I, Fig. 25). Diese Körner waren an der Schliesshaut ohne Zuhilfenahme der Reagentien kaum zu unterscheiden. Jetzt treten sie deutlich hervor, weil sie dem Reagens besser als die Membranen widerstehen. Man könnte sie für Plasmapropfen halten, welche den Poren der Schliesshaut aufsitzen.

¹⁾ Zuletzt Verh. d. Senckenb. Gesell., Bd. XI, p. 148.

Aehnliche Bilder wie die eben besprochenen erhält man auch mit Chlorzinkjodlösung, wenn dieselbe auf in Wasser liegende Präparate einwirkt, wobei sie starke Quellung veranlasst. (Taf. I. Fig. 25.)

Mit Chlorzinkjodlösung gelingt es auch an reiferem Endosperm nicht nur die Verdickungsschichten, sondern selbst auch die Mittellamellen der primären Wand violett zu färben, ja diese Mittellamellen färben sich sogar dunkler als die gequollenen Verdickungsschichten. An Präparaten, die in concentrirtem Glycerin liegen, werden die Verdickungsschichten durch Chlorzinkjodlösung braun und quellen nicht, die Mittellamellen der primären Wand durchsetzen als helle Linien die braun gefärbten Verdickungsschichten. Die schwache Verdickungsschicht der Schliesshaut färbt sich ebenfalls braun und erscheint oft deutlich von einer hellen Linie im Innern durchsetzt.

Ueberhaupt fällt aber die Reaction in verschiedenen Chlorzinkjodlösungen, ja selbst in derselben Chlorzinkjodlösung je nach der Art der Einwirkung etwas verschieden aus, so dass hier zum endgültigen Urtheil sehr viel Versuche gehören. Nach Zusatz von Haematoxylin treten die Mittellamellen der primären Wände als violette Grenzlinien hervor, die äussersten Theile der Verdickungsschicht färben sich sehr schwach, weiter nach dem Zelllumen zu verliert sich die Färbung vollständig. Die Verdickungsschichten der Schliesshaut erscheinen gefärbt, doch vielleicht nur, weil sie von der sich färbenden Mittellamelle durchsetzt sind. In schwachem Cuoxam kann man die Schliesshaut zur deutlichen Quellung bringen, ohne dass die Verdickungsschichten der Zellwand eine Quellung zeigen.

Die Verdickungsschichten der Endospermzellen von *Ornithogalum* verrathen auch auf den zartesten Schnitten nicht eine lamellöse Structur. Eine solche sichtbar zu machen, gelingt auch mit Zuhilfenahme von Reagentien nur andeutungsweise.

Im reifen Samen hat der dichte protoplasmatische Inhalt der Zellen eine ausgeprägte netzförmige Structur. (Taf. II, Fig. 26). Er bildet polygonale Kammern, ganz wie diejenigen waren, die ich früher in den Eiern der Coniferen beschrieb¹⁾. Die Wände der Kammern werden von Protoplasma gebildet,

¹⁾ Zellbildung und Zelltheilung, 1. Aufl., 1875, p. 1, 5 u. a.

in welchem zahlreiche kleine, mit Jod sich gelbbraun färbende Körnchen liegen. In den Kammern selbst finden sich einzelne grössere Fettropfen; Stärkekörner fehlen. In jeder Zelle ist der ebenfalls netzförmige Structur zeigende Zellkern nachzuweisen; er tritt sehr deutlich bei Zusatz von Essigsäure-Methylgrün hervor.

Das Endosperm von *Phoenix dactylifera* verhält sich wie dasjenige von *Ornithogalum*, zeigt aber bei richtiger Behandlung sehr schöne lamellöse Structur. Um dieselbe in erwünschtem Maasse sichtbar zu machen, lege ich meine Schnitte in eine mit destillirtem Wasser entsprechend verdünnte Chlorzinkjodlösung ein. Die Verdickungsschicht quillt nun gleichmässig auf und zeigt sehr schön die Lamellen. Der Verlauf der Lamellen ist leicht zu verfolgen (Taf. II, Fig. 27) und zu constatiren, dass sie eine Lagerung zeigen, welche im Wesentlichen der für *Ornithogalum* geschilderten Entwicklungsgeschichte entspricht. Die äussersten Lamellen reichen nicht von einem Tüpfel zum andern, sie werden von den folgenden gedeckt, die alsbald mit ihren Rändern die Schliesshaut erreichen. Die nun folgenden erreichen wiederum, doch aus andern Gründen, die Schliesshaut nicht, denn sie keilen sich, schalenförmig über einander gelagert, am Tüpfelkanal aus. Die Auskleidung des Tüpfelkanals wird somit nachweislich von den Rändern vieler aufeinanderfolgenden Lamellen gebildet und doch erscheint es am unversehrten Präparat, als wenn das innerste stärker lichtbrechende Grenzhäutchen der Verdickungsschicht in voller Continuität sich über den ganzen Tüpfelkanal erstrecken und in die Schliesshaut fortsetzen möchte. Nach der geschilderten Quellung hat auch die schwache Verdickungsschicht der Schliesshaut an Dicke etwas zugenommen und im Innern derselben markirt sich jetzt scharf die Mittellamelle der primären Wand und zwar schärfer als beiderseits zwischen den starken Verdickungsschichten. Die Schliesshaut ist nachweisbar porös, wenn auch nicht so deutlich, wie dies Tangl neuerdings abgebildet hat¹⁾. Dass eine solche poröse Schliesshaut sehr einer Siebplatte ähnelt, das spricht schon Tangl²⁾ aus. Bei beginnender Einwirkung der verdünnten Chlorzinkjodlösung quellen zuerst die äussersten La-

¹⁾ Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XII, Taf. VI., Fig. 15—17, 1880.

²⁾ I. c. p. 187.

mellen der Verdickungsschicht auf, und markiren sich als biconvexe Körper an der primären Wand in gleicher Entfernung von den Tüpfeln¹⁾. Bei weiterer Quellung schwinden diese Linsen. Eine ähnliche Erscheinung konnte ich, unter denselben Verhältnissen, auch bei *Ornithogalum* beobachten, so wie dies meine Figur 23, Taf. I zeigt. In concentrirter Chlorzinkjodlösung werden die Verdickungsschichten von *Phoenix dactylifera* ganz gelöst, die Mittellamellen widerstehen etwas länger und zeigen deutlich eine schwache Anschwellung an den den Schliesshäuten entsprechenden Stellen.

Zu bemerken ist noch, dass bei *Phoenix dactylifera* die Schliesshäute der Tüpfel relativ dicker als bei *Ornithogalum* sind und daher auch meist so wie die übrigen Verdickungsschichten der Zelle eine Sonderung in ein inneres stärker lichtbrechendes Grenzhäutchen und in einen schwächer lichtbrechenden, äusseren Schichttheil erkennen lassen. Bei *Ornithogalum* habe ich in einigen Fällen auch eine locale stärkere Verdickung der Schliesshaut beobachten können, eine derselben aufsitzende Leiste, die dann auch sofort, wie an Fig. 20, Taf. I zu sehen, die gewöhnliche Ausbildung des Grenzhäutchens zeigte.

Tangl's neuerdings über *Strychnos nux vomica* veröffentlichten interessanten Angaben²⁾ veranlassten mich auch das Endosperm genannter Pflanzen zu untersuchen. Im Wasser quellen die Verdickungsschichten der grossen Zellen aus dem Innern des Endospermkörpers sehr stark auf, es differenzirt sich unter dem Einfluss des Wassers ein sehr starkes Grenzhäutchen von bedeutendem Lichtbrechungsvermögen: dieses sowohl als auch der äussere Schichttheil, und zwar letzterer viel deutlicher, zeigen lamellöse Structur³⁾. Bei fortgesetzter Quellung wird die Grenze zwischen Grenzhäutchen und dem äusseren Schichttheil fast verwischt. Die primären Wände treten scharf hervor, sie stoßen fast ohne Zwickel zu bilden auf einander. Tangl giebt an⁴⁾: die „Zwischensubstanz“ der Membranen entspräche nicht in ihrer ganzen Dicke der sogenannten Mittellamelle. Man erhalte die letztere als höchst

¹⁾ Vergl. Tangl's Abbildung 16, Taf. VI.

²⁾ Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XII., 1880, p. 170.

³⁾ l. c. Taf. IV, Fig. 4.

⁴⁾ l. c. p. 173.

feines, in den Knotenpunkten verdicktes Netzwerk, erst nach Behandlung dünner Schnitte mit Schwefelsäure. Es liegen hier in der That dieselben Verhältnisse vor wie wir sie bei *Ornithogalum* näher besprochen haben. Im Wasser fallen die Schnitte durch den Mangel jeglicher Poren auf, das Grenzhäutchen schliesst die Verdickungsschicht gleichmässig ab. Untersucht man aber die Schnitte in der von Tangl angegebenen Weise, in alcoholischer, mit nur ganz wenig Wasser versetzter Jodtinctur, so treten die eigenthümlichen, von Tangl entdeckten, feinen Kanäle hervor. Sie werden an ihrem, sich gelbbraun färbenden Inhalt kenntlich. Man kann sie aus dem einen Zelllumen bis in das andere verfolgen (Taf. I, Fig. 28). Sie laufen zum Theil gerade, zum Theil in Bögen und zwar um so gerader, je mehr sie sich der Mitte einer Zellwand nähern. Zusammen bilden sie tonnenförmige Complexe, deren Aussehen Tangl nicht mit Unrecht mit demjenigen der Verbindungsfäden bei freier Zellbildung vergleicht. Weiter reicht freilich der Vergleich nicht. Die Kanäle sind so dünn, dass sie selbst bei starker Vergrösserung nur als ganz feine Fäden erscheinen, im optischen Querschnitt aber als Punkte. Zu Fig. 28 habe ich einen Fall zur Abbildung gewählt, in welchem die Kanäle besonders dick waren. Die Figur ist bei doppelter Einstellung gezeichnet, so dass sie auch die Querschnitte der gegen die vordere Zellfläche gerichteten Kanäle zeigt. Rechts, in halber Höhe, sind schräg innerhalb der Wand getroffene Fäden zu sehen; sie liefern nach einer durch den Schnitt entfernten Zelle. Tangl ist im Recht, wenn er angibt, dass diese Kanäle ununterbrochen aus einer Zelle in die andere fortlaufen. Man kann sie in der That durch die primäre Wand hindurch verfolgen. Eben hierdurch ist dieser Fall so interessant. Tangl vergleicht ganz richtig diese Kanäle mit den feinen Poren in den Schliesshäuten der Tüpfel des Endosperms von *Areca oleracea* und *Phoenix dactylifera*. Nur haben die Poren in den genannten Schliesshäuten nicht die Dicke, die ihnen Tangl in der Zeichnung giebt und konnte ich mich nicht von der Existenz einer sich gelbbraun färbenden Füllmasse in ihnen überzeugen; wohl aber sprach ich bei *Ornithogalum* die an quellenden Schliesshäuten sich zeichnenden Körner als solche Füllmasse an. Weil aber bei *Strychnos nux vomica* die grossen Tüpfel fehlen, haben die Poren, welche die ganze Dicke der Ver-

dickungsschicht zu durchsetzen haben, einen solchen Durchmesser erreicht. Denn trotz ihrer Dünne sind sie doch noch um das vielfache dicker, als die Porenkanäle aller bisher behandelten Schliesshäute. Bei *Strychnos nux vomica* ist der Durchgang der Poren durch die primären Wände sicher zu constatiren, für die Poren der Schliesshäute der Tüpfel nehme ich dasselbe an, wenn auch der objective Nachweis dort kaum zu führen ist. Jedenfalls scheint mir *Strychnos nux vomica* geeignet, Licht über die anderen Fälle zu verbreiten und bin ich daher geneigt, dem hier Beobachteten eine allgemeinere Tragweite beizulegen.

Die Poren von *Strychnos nux vomica* durch andere als das angeführte Mittel sichtbar zu machen, hält schwer, Farbstoffe führen, wie Tangl schon angiebt, nicht zum Ziele. Bei langsamem Zusatz von Wasser schwinden die Poren auch in der Jodtinctur; zuvor ist aber bei beginnender Quellung der Wände die Füllmasse der Poren in einzelne Körner auseinander gezogen worden¹⁾. In Ausnahmefällen konnte ich übrigens die Poren auch an den in Wasser liegenden Präparaten sehen; ja an einem Wasserpräparat sogar die siebporenförmige Durchbrechung der primären Wand an einer Stelle besonders sicher constatiren.

Strychnos potatorum besitzt hingegen echte, ziemlich weite Tüpfel in den Endospermzellen. Tangl fällt es auf²⁾, dass bei genannter Art die Schliesshaut der Tüpfel sich nicht porös zeigt, doch hängt das wohl nur mit der Ungunst des Materials zusammen, dass hier die Feststellung dieser Porosität unmöglich wird. Abgesehen von den Tüpfeln, zeigt sich, wie auch Tangl hervorhebt, die Wandung der Zellen eben so wie bei *Strychnos nux vomica* gebaut. Die Verdickungsschichten quellen im Wasser noch mehr und zeigen dieselbe Differenzirung: in ein dickes Grenzhäutchen und einen noch dickeren Schichttheil. Das Grenzhäutchen setzt sich, allmälig an Dicke abnehmend, in den Tüpfelkanal fort. Die gequollene Schliesshaut des Tüpfels hat ebenfalls ein zartes Grenzhäutchen aufzuweisen. Die Mittellamellen der primären Wände treten an den Wasser-Präparaten mit auffallender Schönheit, auch

¹⁾ Vergl. auch Tangl, p. 177.

²⁾ L. c. p. 188.

innerhalb der Schliesshäute hervor; nur ausnahmsweise bilden sie kleine Zwickel an den Vereinigungsstellen. In diesem Falle quellen selbst diese Mittellamellen in Wasser etwas auf, wie man feststellen kann, wenn man Wasser zu den Alcoholpräparaten hinzutreten lässt.

Denselben Bau wie das Endosperm von *Ornithogalum* und von *Phoenix* zeigen Zellen des Rindenparenchyms von *Viscum album*. Wie bei *Phoenix* ist es auch hier leicht durch quellende Mittel die lamellöse Structur der Verdickungsschicht sichtbar zu machen und festzustellen, dass die inneren Lamellen sich am Tüpfelkanal auskeilen, ohne den Grund desselben zu erweitern. Das Grenzhäutchen wird somit innerhalb des Kanals von den Rändern aufeinanderfolgender Blätter gebildet (Taf. I, Fig. 29). In der Schliesshaut des Tüpfels sind die Poren besonders schön zu sehen.

Ein sehr instructives Objekt sind die mit engen verzweigten Tüpfeln versehenen, stark verdickten Zellen aus der Samenschale von *Hakea suaveolens* (Taf. II, Fig. 30). Man könnte die ganze mächtige Verdickungsmasse auch hier als nur eine Verdickungsschicht bezeichnen, da sie durch ein gemeinschaftliches, besonders stark lichtbrechendes Grenzhäutchen nach innen abgeschlossen wird; es lassen sich aber auch die im Innern der Verdickungsmasse stark markirten Lamellen als Abschluss eben so vieler Schichten, somit als Grenzhäutchen bezeichnen. Das innerste besonders stark lichtbrechende Grenzhäutchen ist übrigens nach aussen¹⁾ durchaus nicht scharf abgesetzt, nimmt innerhalb der engen Tüpfel an Dicke und Lichtglanz ab, es ist besonders auffallend nur an den frei ins Zelllumen vorspringenden Verdickungsmasse ausgebildet. Jeder Schichtencomplex zwischen zwei Tüpfelkanälen erinnert im Querschnitt auffallend an ein geschichtetes Stärkekorn. Es sieht aus, als wenn eine Anzahl Stärkekörner mit exzentrischer Schichtung der primären Wand der Zelle angesetzt wäre und zwar mit ihrem Bildungskern nach aussen. Die bedeutende Breitenzunahme der Schichtenkomplexe in der Richtung des Zelllumens hat ein rasches Verschmelzen der Tüpfelkanäle zur

¹⁾ Hier wie überall brauche ich die Bezeichnungen „innen“ und „aussen“ nur im Verhältniss zur ganzen Zelle: Die inneren Theile der Wand sind somit die nach dem Zelllumen, die äusseren die nach der Oberfläche gekehrten.

Folge. So kommen die „verzweigten“ Tüpfel zu Stande. Am Grunde erweitern sich die Tüpfelkanäle plötzlich ein wenig. Die einzelnen Lamellen der Verdickungsschichten keilen sich am Tüpfelkanal aus, wie aus der Figur zu ersehen. Stärker und schwächer das Licht brechende Lamellencomplexe wechseln in bestimmten Intervallen ab; die lichtbrechenderen deuten jedenfalls einen Stillstand in der Entwicklung an. Die primären Wände sind sehr deutlich zwischen den Zellen markirt.

Der von Millardet¹⁾ und Hofmeister²⁾ eingehend geschilderte Bau prismatischer Zellen aus der harten Samenschale von *Bertholletia excelsa* soll ganz besonders für ein Dickenwachsthum der Zellwand durch Intussusception sprechen. Das Innere dieser Zellen ist in Folge starker Verdickung der Zellwände bis auf enge mannigfach anastomosirende Kanäle reducirt. Im Querschnitt zeigen sie eine gelappte Höhlung oder mehrere unregelmässige von einander getrennte Hohlräume. Diese Hohlräume sollen häufig von engeren Kanälen umkreist sein.

Ich finde die Verdickung dieser Zellen im Principe nicht verschieden von derjenigen der *Hakea*. Es sind prismatische Zellen mit engen an der Basis etwas erweiterten Tüpfeln (Fig. 31, Taf. II). Die Verdickung schreitet fast bis zum Schwinden des Lumens fort. Dabei erfolgt sie nicht gleichmässig im ganzen Umfang der Zelle, vielmehr ungleichmässig, sodass einzelne Verdickungsmassen besonders in das Zeillumen vorspringen, auf einander stossen, mit einander verschmelzen und das Zeillumen schliesslich in einzelne kanalartige Hohlräume zerlegen (Fig. 32). Diese Hohlräume anastomosiren seitlich. Gegen sie laufen von der Zelloberfläche her die dünnen Tüpfelkanäle, und zwar wegen der Ungleichmässigkeit, mit der die Verdickung erfolgte, in oft stark gewundenen Bahnen. Einzelne können mehr oder weniger ein Zeillumen umkreisen. Nach alledem stellt man sich leicht vor, wie complicirt das Bild eines Längsschnittes der Zellen hier ausfallen muss, da ja die vorspringenden Verdickungsmassen in verschiedenster Tiefe und verschiedenster Lage getroffen werden. Dazu kommt noch die Schichtung der Zellwand um das Bild recht verwickelt zu machen. Die Schichtung wird nicht an allen Orten in gleichem Maasse deut-

¹⁾ Ann. de sc. nat. Bot., V Sér., 6. Bd., 1866, p. 300.

²⁾ Pflanzenzelle 1867, p. 178.

lich, namentlich tritt sie aber an der Oberfläche des Schnittes hervor, wo das Messer die einzelnen Schichten leicht von einander trennt. Querschnitte durch einzelne der Verdickungsmassen, senkrecht zu deren Wachstumsrichtung, zeigen die Schichten in concentrischen Kreisen, Querschnitte, welche die Verdickungsmassen parallel zu deren Wachstumsrichtung treffen, zeigen uns mehr oder weniger zu einander parallele Schichten-complexe. Der an das Innere grenzende Rand der Verdichtungsschichten ist meist deutlich lichtbrechender. Die Grenzen der einzelnen Zellen lassen sich auf Längsschnitten nur schwer sehen, leicht aber auf Querschnitten. Die Mittellamellen der primären Wände mit ihren Zwickeln treten jetzt deutlich hervor, hin und wieder kann man sie durch eine Schliesshaut hindurch verfolgen. Auf Querschnitten liegt auch die Zerlegung des Lumens der einzelnen Zellen besonders klar vor.

Dass der vorliegende Fall im Sinne des Appositionswachstums ohne Zwang sich deuten lässt, ist, glaube ich, nach obiger Schilderung klar. Man braucht sich nur die vorspringenden Verdickungsschichten der Hakea, bei noch grösserer Unregelmässigkeit des Wachstums, in schiefer, oft wechselnder Richtung auf einanderstossend, zum Theil verwachsend zu denken, um ganz ähnliche Verhältnisse wie bei Bertholletia zu bekommen.

Zarte Schnitte aus der Steinschale der Pflaume (*Prunus domestica*) zeigen die Zellen stark verdickt und die Verdickung deutlich geschichtet. Relativ schwach verdickte Zellen besitzen einfache, stark verdickte, verzweigte Tüpfelkanäle. Das Bild steht im Prinzip sehr nah demjenigen aus der harten Samenschale von Hakea. Millardet giebt an¹⁾: jede oft unregelmässig entwickelte Schicht sei von der ihr benachbarten durch eine Substanz von abweichender physikalischer Beschaffenheit getrennt. Diese Substanz habe nur geringe Dichte und erfahre doch nachträgliche Entwicklung der Wände, eben so auch als durch Austrocknen eine Reduction, die öfter in eine wirkliche Lücke den Platz verwandele, den sie eingenommen. Diese Substanz scheine sich übrigens gegen Reagentien nicht anders als wie die Schichten selbst zu verhalten.

Ich finde, wie Millardet, dass hier Continuitätsunterbrechungen innerhalb der Verdickungsschichten gegeben sind

¹⁾ l. c. p. 305, Fig. 15—18.

und verweise auf dessen Bilder (l. c. Taf. XV Fig. 16—18). Um dem Vorwurf zu begegnen, als seien die Lücken durch das Messer gerissen worden, beobachtete sie Millardet an durch Maceration isolirten Zellen. Es handelt sich sicher um Spalten, welche in Folge von Wasserverlust auftreten.

Millardet fand ähnliche Verhältnisse in allen sklerenchymatischen Geweben wieder. In den Kernen aller Amygdaleen und Pomaceen, der Schale der Wallnuss und Haselnuss, in den Markstrahlen der Buche. Dann auch in dem Marke verdickter Holzzellen von *Buxus arborescens*, den Bastzellen von *Viscum*, von *Cinchona* und verschiedener *Acer*-Arten. In den sehr stark verdickten Zellwänden der Pericarps von *Magnolia Yulan* soll sich aus ähnlichen Ursachen, seinen Angaben zufolge, ein wahres Netz allseitig verzweigter Kanälchen ausbilden.

Auch gibt Chalon¹⁾ die Existenz zahlreicher Lücken in den stark verdickten Wänden der äusseren Zelle der Testa an. Angeführt werden als Beispiele *Lychnis Githago*, *Dianthus Saponaria officinalis*, *Silene*, *Sisymbrium* - Arten, *Hesperis matronalis*, *Mentha Pulegium*, *Galeopsis Tetrahit*, *Teucrium Scordium*, *Verbascum Thapsus*, besonders hervorgehoben wird *Brassica oleracea*.

Eine auffallend schöne Schichtung zeigen die dicken Wände der Sklerenchymzellen in der Rinde von *Araucaria brasiliensis*. Die innersten Lamellen sind auch in diesem Falle besonders stark lichtbrechend. Bei der Quellung in Schwefelsäure stellt man leicht fest, dass die zarten Linien, welche die Schichten trennen, nicht an Dicke zunehmen. Instructiv sind die Bilder an den Rändern aufgerissener Wände, weil hier die einzelnen Schichten sich etwas hervorwölben. An den Adhäsionsflächen müssen sie somit um ein geringes weniger quellen. Innerhalb der Schichten zeichnen sich öfters sehr zarte Lamellen.

Eben so schön geschichtet sind auch die allseitig, zum Theil einseitig, stark verdickten Sklerenchymzellen, welche die Korklagen bei *Pinus silvestris* nach aussen abschliessen.

Die Porenkanäle, welche die Verdickungsschichten dieser Zellen durchsetzen, können an manchen Stellen so fein sein,

¹⁾ *Structur de la cellule végétale* p. 6 ff.

dass sie nur schwer sich unterscheiden lassen, führen allein auch dann protoplasmatischen Inhalt, der bei Behandlung mit Chlorzinkjod als feiner gelbbrauner Faden erscheint. Diese so feinen Porenkanäle liegen in den nach aussen gekehrten, an die abgestorbenen Gewebebeschichtungen grenzenden Wänden. Oft sucht man an dieser Seite der Zelle nach Poren ganz vergebens, während die entgegengesetzte Seite sie schön entwickelt zeigt.

Einige Bilder bei Trécul¹⁾ veranlassten mich, auch die sog. Kernscheide der Wurzel von Smilax zu untersuchen. Als Material stand mir frische *Smilax aspera* zur Verfügung, und auf diese Species wurden auch meine Beobachtungen beschränkt. Das Object ist ausserordentlich instructiv und empfehle ich es ganz besonders allen Denjenigen zur Untersuchung, welche an der Abwechselung wasserärmer und wasserreicher Schichten festhalten wollen. — Die Endodermis (Kernscheide) der Wurzel von *Smilax aspera* (Taf. II, Fig. 36a) zeigt sich im fertigen Zustande fast bis zum Schwinden des Lumens verdickt. Die Verdickung ist einseitig, sie unterbleibt an den Aussenwänden. Nach innen grenzen an die Endodermis stark verdickte Prosenchymzellen. Die nach aussen anstossende Rindenschicht ist an ihrer der Endodermis zugekehrten Seite stark verdickt. An etwas älteren Wurzeln wird die Rinde bis auf die Endodermis und die verdickte Aussenseite der angrenzenden Zellenschicht zerstört. Die Endodermis erscheint gelb bis gelbbraun, die angrenzende stark verdickte Zellwand braun gefärbt. Die Verdickungsschichten der Endodermis sind von relativ weiten, einfachen und wenig zahlreichen; die Verdickungsschichten der angrenzenden Rindenschicht von feinen, nach aussen verzweigten, sehr zahlreichen Tüpfelkanälen durchsetzt. Es fällt auf, dass letztere auf die Kanten der Verdickungsschichten der Endodermis treffen (Fig. 36a). Alle die feinen Kanäle sind an ihrem Ende etwas erweitert. Auf die weiten Kanäle der Endodermis treffen gewohnter Maassen die Kanäle der nach aussen folgenden Prosenchymzellen; etwas ungewöhnlt ist nur, dass diese Kanäle um so viel enger sind. — Ziemlich deutlich, auch ohne Anwendung von Reagentien, zeichnen sich um die Endodermiszellen und selbst auch um die Prosenchymzellen die primären Wände.

¹⁾ Ann. d. sc. nat. Bot., IV. Sér., X. T., 1858, Taf. 6, Fig. 1—4.

Die Verdickungsschichten der Endodermiszellen markiren sich sehr scharf und fallen durch ihre Regelmässigkeit auf. Niemand, der die Verhältnisse kennt, wird daran zweifeln, dass hier eine ebensolche Schichtung wie in andern ähnlich verdickten Zellen vorliegt. Es ist scheinbar dieselbe Abwechselung dichterer und weniger dichter Schichten gegeben, die ersten schmäler als die letzteren. Einige der schwächeren Schichten sind hier und dort schärfer ausgeprägt. Trécul nun bildet, an der citirten Stelle, mit Schwefelsäure behandelte Zellen ab, deren Schichten von einander getrennt erscheinen. Dies veranlasste mich, das Objekt zu untersuchen, und in der That trifft für dasselbe die Trécul'sche Abbildung zu. — Soll die Reaction nach Wunsch eintreten, so darf die Schwefelsäure nicht zu plötzlich einwirken, es muss vielmehr deren Concentration langsam gesteigert werden. Die Schichten quellen jetzt ziemlich gleichmässig in radialen und tangentialen Richtungen und lösen sich mehr oder weniger vollständig von einander (Fig. 36b). Beobachtet man während der Einwirkung, so ist nichts leichter, als festzustellen, dass die für dichtere Schichten gehaltenen dunkleren Liniensysteme in der That nichts als Grenzlinien sind. Sie quellen nicht mit; die Trennung erfolgt hier längs derselben. Die aufeinander folgenden Schichten sind annähernd gleich stark, nicht von einander verschieden. Wie in anderen Fällen, so gelingt es auch hier oft, noch eine feinere Schichtung innerhalb der Schichten nachzuweisen. Auch Trécul giebt dies an. Die Schichten entsprechen eben nicht einzelnen Lamellen, vielmehr Lamellen-complexen. Jede Schicht besteht so aus Lamellen, wie der ganze Schichtcomplex aus Schichten. Die sich markirenden Grenzhäutchen, an denen die Trennung erfolgt, bedeuten Unterbrechungen in den Verdickungsvorgängen. Hin und wieder zeichnet sich eine Adhäsionsfläche stärker und es ist anzunehmen, dass die Unterbrechung dort besonders lange andauerte. Die von aussen an diese Grenzfläche stossende Schicht hat denn auch ein Grenzhäutchen, wie die Schichten der Markzellen von Clematis, aufzuweisen. Im Allgemeinen zeigen aber die Schichten hier solche Grenzhäutchen nicht, und so sieht man denn, dass trotz Fehlen der Grenzhäutchen hier die Adhäsion der Schichten schwach, bei Clematis trotz Vorhandensein der Grenzhäutchen, sie sehr stark sein kann. Die ver-



dickten, an die Endodermis grenzenden Prosenchymzellen quellen gleichmässig nach allen Dimensionen und geben Bilder, die durchaus denjenigen quellender Markzellen von Clematis entsprechen. Die Grenzhäutchen sind aber schwächer. Die Verdickungsschichten reissen einseitig auf und trennen sich an einzelnen Punkten von einander. Die Trennung erfolgt entweder an der Adhäsionsfläche der Schichten oder auch innerhalb derselben. — Die Schwefelsäure färbt die Verdickungsschichten der Endodermis ausgeprägt rothbraun, die Verdickungsschichten der Prosenchymzellen hellgrau, der Rindenschicht dunkel. Die Verdickungsschichten der letzteren sind gegen Schwefelsäure resistent, so auch die Mittellamellen der Zellen. Bei Einwirkung der Schwefelsäure quillt zu allererst der Aussenrand der Endodermiszellen, was deren Trennung von der angrenzenden Mittellamelle und verdickten Rindenschicht zur Folge hat.

Die Verdickung der Endodermiszellen findet sehr spät statt. An einer hierauf untersuchten Wurzel war sie erst in etwa 16 cm Entfernung von der Wurzelspitze vollendet. Viel früher ist schon die angrenzende Rindenschicht an ihrer Aussenseite stark verdickt und das erklärt das spätere auffallende Verhalten ihrer Tüpfelkanäle. Diese treffen zunächst nämlich auf das Lumen der noch dünnwandigen Endodermiszellen, müssen aber später auf die Kanten der einseitig gebildeten Verdickungsschichten stossen.

Die langlebigen, bei starker Verdickung noch durch radiale Wände sich fächernden Epidermiszellen von *Viscum album* sind schon wiederholt von den Anhängern des Appositionswachsthums als Beispiel herangezogen worden. In der That lassen sich die Bilder, welche ältere Epidermiszellen hier bieten, nur schwer mit den Anforderungen der Intussusceptionslehre in Einklang bringen. Jede Epidermiszelle hat nämlich ihre eigenen Schichtenkomplexe aufzuweisen, dann wird sie, mit einer Schwesterzelle, von gemeinsamen Schichten bedeckt und weiter nach aussen folgen eventuell Schichten, die einen noch grösseren Zellverband überkleiden. Mit Recht hebt daher schon H. v. Mohl¹⁾ hervor: „dass diese Epidermis einen un-

¹⁾ Bot. Zeitung, 1849, Sp. 594 und das ganz richtige Bild Taf. IX,
Fig. 5.

zweifelhaften Beweis dafür zu liefern im Stande ist, dass die Epidermiszellen das allgemeine Gesetz des Wachsthums der Zellmembran befolgen, d. h. dass ihre secundären Schichten sich in der Zellhöhlung in der Richtung von aussen nach innen ablagerten.“

Ein sehr instructives Object sind bestimmte, nachträglich sich verdickende Bastfasern älterer Stammtheile von *Taxus baccata*. Diese Bastfasern bleiben in jungen Stammtheilen und, der grossen Mehrzahl nach, auch in alten, schwach verdickt und zeigen den innern Theilen der Wandung eingelagert, zahlreiche kleine Krystalle von oxalsaurem Kalk. Diese schon von Hartig¹⁾ und Frank²⁾ gesehen, wurden erst von Solms-Laubach³⁾ richtig gedeutet. Sie ragen zum Theil in das Zelllumen hinein und geben dem inneren Contour der Wandung ein gleichsam gekörntes Aussehen. In alten, mindestens 20jährigen Stammtheilen findet man einzelne dieser Zellen sehr stark verdickt. Hartig bildete schon solche Zellen ab, Frank und Solms-Laubach schilderten sie später eingehend. Die tertiaré Verdickung, die fast bis zum Schwinden des Lumens führt, tritt erst nach Ausbildung der Krystalle in der Secundär-schicht auf und schliesst dieselben ein. Sie liegen jetzt in dem äusseren Theile der Wandung, in die Oberfläche der tertiarén Schicht, die sich nach ihnen modelirt hat, hineinragend (Fig. 33, Taf. II⁴⁾). Dass die tertiaré Verdickungsschicht der secundären nur apponiert werden konnte, ist nach dem Gesagten klar. Frank giebt an⁵⁾, dass die hier als tertiar bezeichnete Verdickungsschicht mit Jod und Schwefelsäure gelbbraun sich färbt, während die ausserhalb derselben befindlichen Membran-theile blaue Färbung annehmen. Ich finde Aehnliches bei Behandlung mit Chlorzinkjod: die tertiaré Verdickungsschicht bläulichgelb, die secundäre Verdickung, sammt primären Wänden, violett. Nur ist die violette Färbung hier, ebenso aber auch an den unverdickt gebliebenen krystallführenden Zellen, etwas weniger rein, als die der übrigen Elemente des Bastes. Die

¹⁾ Naturg. der forst. Culturpf., Taf. IX, Fig. 4 u. 5 nebst Erklärung.

²⁾ Bot. Zeitung, 1864, p. 160.

³⁾ Ebendas. 1871, Sp. 519 ff.

⁴⁾ Vgl. auch die Angaben von Pfitzer, Flora 1872, p. 98 u. 134. Für *Dracaena reflexa*.

⁵⁾ l. c. p. 160.

Chlorzinkjodlösung veranlasst schwache Quellung, welche auch das Verhältniss der Krystalle zu den sie einschliessenden Verdickungsschichten deutlicher macht. Dasselbe wird durch Behandlung mit Kalilauge erreicht. Die tertäre Verdickungsschicht ist, wie auch sonst starke Verdickungsschichten der Bastfasern, von feinen Tüpfelkanälen durchsetzt. Diese sollen, früheren Angaben gemäss¹⁾, vorwiegend nach den Ecken der im Querschnitte quadratischen Zellen gerichtet sein, wo die Wandungen der benachbarten Zellen zusammenstossen. Ich konnte für Taxus diese Angabe nicht bestätigen, fand vielmehr, dass die Zellecken hier von den Tüpfeln gemieden werden und dass die Tüpfelkanäle wohl oft in den inneren Theilen der Verdickungsschicht die Richtung nach der Zellecke zeigen, weiter nach aussen aber von derselben abweichen und sich gegen die Lumina der benachbarten Zellen wenden. Besonders tritt letzteres dann hervor, wenn zwei angrenzende Bastfasern die tertäre Verdickung führen; dann nämlich ist es leicht zu constatiren, dass die Tüpfelkanäle dieser beiden Zellen aufeinandertreffen. Hingegen ist der Verlauf der Tüpfelkanäle bei den Cupressineen in der That so, wie ihn die angeführten Angaben schildern. Die stärker markirten Tüpfelkanäle laufen nach den Zellecken. Dieser Fall wird von Solms-Laubach mit Recht als „seltsam und eigenthümlich“ bezeichnet, er hängt jedenfalls mit der hier auch eigenartigen Ablagerung von oxalsaurem Kalk zusammen. Diese Krystalle sind nicht den secundären Verdickungsschichten der Bastfasern, vielmehr den dieselben seitlich trennenden, primären Wänden eingelagert. Die Mittellamellen dieser Wände²⁾ sind gequollen und die Menge der Krystalle in denselben, beispielsweise bei Juniperus-Arten, so gross, dass man glaubt, zwischen den Bastfasern schmale, mit körnigem Inhalt erfüllte Zellen zu sehen. Diese krystallführenden Stellen der Wand greifen in radialer Richtung über die Bastfasern hinaus und die markirteren Tüpfelkanäle sind entschieden in gleichmässiger Vertheilung gegen diese Krystallablagerungen gerichtet³⁾.

¹⁾ Frank l. c. Solms-Laubach l. c. Sp. 519, Anm.

²⁾ Pfitzer, Flora, 1872, p. 101, will hingegen in diesen geschlossenen primären Wänden bisweilen eine mittlere cuticularisirte Lamelle gesehen haben.

³⁾ Vergl. auch die Abbildung bei Solms-Laubach l. c. Taf. VI, Fig. 13.

Ofters wird bei *Taxus baccata* die tertäre Schicht der stark verdickten Bastfasern durch das Messer herausgerissen; die Krystalle bleiben dann zum Theil in der Oberfläche dieser Schicht stecken.

Nach den entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen von Pfitzer¹⁾, liegen die Krystalle im Blatt von *Citrus vulgaris* bei ihrer Entstehung innerhalb des Plasmashlauches. Sie werden später von einer dünnen Cellulosehaut umgeben, während gleichzeitig die Wand der Zelle, in der sie liegen, sich einseitig verdickt. Die Haut des Krystals und die Wandverdickung treffen auf einander und wird die betreffende Stelle hierauf bis zum Schwinden des angrenzenden Theiles der Zellhöhle verdickt. Pfitzer sieht kaum die Möglichkeit diesen Vorgang anders als durch Apposition zu erklären²⁾.

Aus den Angaben von Haberlandt³⁾ und Ambronn⁴⁾ geht hervor, dass die Verdickung der Bastfasern, so wie der denselben entsprechenden Sklerenchymfasern stets in ähnlicher Weise, wie sie hier für *Taxus* geschildert wurde, vor sich geht, dass nämlich die tertäre, stärkste Verdickungsschicht erst nachträglich den bereits secundär verdickten Zellen eingelagert wird. Die vor dieser Einlagerung vorhandenen Wände behalten hierbei ihren chemischen Charakter bei.

Für Appositionswachsthum sprechen auch alle Fälle sogenannter Einschachtelung, welche aufeinanderfolgende Zellgenerationen in gemeinsamen Zellhüllen zeigen.

Bei *Gloeo capsula polydermatica* stellte ich vor allen Dingen fest, dass die stärker lichtbrechenden Schichten nicht etwa als einfache Lamellen aufzufassen seien, die mit schwächer lichtbrechenden abwechseln. Es gelingt vielmehr öfters sich davon zu überzeugen, dass wenigstens die schwächer lichtbrechenden breiteren Schichten aus zahlreichen Lamellen bestehen. Die Entwicklung ist in Wirklichkeit die, dass zahlreiche weiche Lamellen aufeinanderfolgen und dann einige dichtere gebildet werden, hierauf wiederum weiche. Gewöhnlich folgt auf eine

¹⁾ Flora, 1872, p. 118, Fig. 4—14, Taf. III.

²⁾ I. c. p. 133.

³⁾ Entwicklungsgeschichte des mechanischen Gewebesystems der Pflanzen, 1879, p. 51 ff.

⁴⁾ Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XII, 1881, Sep. Abdr. p. 47.

Theilung des Inhalts alsbald eine Bildung dichterer Lamellen, so dass im Allgemeinen die dichteren Schichten in der gemeinsamen Hülle der Zahl der eingeschlossenen Generationen entsprechen. Es kann aber auch eine dichte Schicht gebildet werden ohne vorhergehende Zelltheilung, so dass zwischen zwei Theilungsschritten zwei, ja selbst mehr dichte Schichten sich zeichnen. Ein transitorisches Grenzhäutchen wird kaum markirt. Sind die weichen Schichten in Bildung, so grenzen sie als solche an den Zellraum ohne merklich dichteren Rand; werden umgekehrt die dichten Lamellen erzeugt, so sieht man sie als solche auch an das Zellumen grenzen. Die stärker lichtbrechenden Lamellen haben somit gleich bei ihrer Anlage eine Veränderung erfahren, welche ihnen dauernd ihre bestimmten Eigenschaften giebt. Wie gesagt, folgen die Bedingungen für die Bildung dichterer Schichten auf jede Zelltheilung, sie können auch zwischen zwei Theilungsschritten sich einstellen. Der Versuch, künstlich durch Veränderung der äusseren Bedingungen (durch Trockenheit, hohe und niedere Temperaturen, Submersion) die Bildung von Schichten bestimmter Dichte zu veranlassen, misslang. Naegeli¹⁾ ist der Meinung, dass die vom Inhalt getrennten „Blasen“ weiter durch Intussusception wachsen. Ich nehme dies nicht an, bin vielmehr der Ansicht, dass dieselben durch Quellung an Volumen zunehmen. Dieses dauert eine Zeitlang an, wobei die Blasen, wie schon Schmitz richtig angibt²⁾, gedehnt werden, an der Oberfläche der Familie an Dicke abnehmen und schliesslich elastisch zer sprengt und abgeworfen werden.

Ein eigener Fall von Einschachtelung wird uns geschildert bei einer Alge, die Kornerup aus dem Inneren von Grönland mitgebracht hat und die Kolderup Rosenvinge für *Ulothrix tenerima* Ktz. hält³⁾. Kolderup Rosenvinge hebt hervor, dass deren Structur verschieden von *Ulothrix parietina*, *crassiuscula* und *zonata* sei, übereinstimmend aber mit *Ulothrix mucosa* Thur., sowie mit *Conferva floccosa*, *C. affinis* Ktz. v. *abbreviata* Ktz., *C. dubia* Ktz. und *C. sordida* Lgb.

Die Membran der Zellen von *Ulothrix tenerima* besteht nach Kolderup Rosenvinge aus H förmigen Stücken, so zwar,

¹⁾ Pflanzenphys. Unters. II, p. 282.

²⁾ Stzbr. d. niederrh. Gesell., 6. Dec. 1880, Sep.-Abdr. p. 7.

³⁾ Saertryk af Botanisk tidsskrift, 3 række, 3 bind., Kopenhagen 1872.

dass die Querstriche der H die Querwände, die Schenkel der H die Seitenwände der Zellen repräsentiren. Dabei sollen die Schenkel der H übereinander greifen, so wie der Deckel über eine Schachtel; auf ein äusseres H, das beiderseits umfasst, folgt ein inneres, das beiderseits umfasst wird. Die Schenkelenden des inneren H sind auch nicht frei, sondern durch eine sehr zarte Membran verbunden. Das innere H umfasst somit zwei Zellen. Wenn eine dieser Zellen sich theilen soll, streckt sie sich, und die Schenkel der H-Hälfte, die sie umfasste, trennen sich an ihren Enden. Gleichzeitig umgibt sich der Protoplasmakörper der Zellen allseitig mit einer neuen Cellulosehaut. Diese Cellulosehaut ist von derjenigen des H vom Anfang an getrennt. In mittlerer Länge beginnt sie sich zu verdicken und indem diese Verdickung nach innen fortschreitet, wird die Zelle in zwei Schwesterzellen zerlegt. So ist denn auf diese Weise ein neues inneres H entstanden, dessen Schenkelenden beiderseits verbunden sind und das von je zwei älteren H-Hälften umfasst wird.

Ein für das Studium des Membranwachsthums oft benutztes Object sind die Holzzellen der Coniferen. Ich versuchte es daher auch, mir ein Urtheil über dieses Object zu bilden. Mit der Schilderung, die ich hier gebe, möchte ich aber, soweit möglich, ausserhalb der scharfen Polemik bleiben, die sich um diesen Gegenstand entwickelt hat.

Die Untersuchung wurde vornehmlich an altem Stammholz vorgenommen, das ich Ende Juni in absoluten Alcohol eingelegt hatte. Nach einiger Zeit wurde dieses Holz in ein Gemisch von halb Glycerin und halb Alcohol gebracht und liess sich nun vortrefflich schneiden. Das sonst so leicht erfolgende Reissen zarter Schnitte im Cambium blieb bei diesem Material aus. Zum Vergleich wurden Stamm- und Wurzelholz herangezogen, das zu verschiedenen Jahreszeiten gesammelt, zum Theil frisch, zum Theil fixirt zur Untersuchung kam. Wo im Folgenden nicht anders angegeben, bezieht sich die Beschreibung auf den Ende Juni eingelegten Stammtheil.

Meine Untersuchungen waren bereits niedergeschrieben, als ich Russow's Mittheilung¹⁾ „über die Entwicklung des Hof-

¹⁾ Separatabdruck aus der „Neuen Dörptschen Zeitung“, 1881.

tüpfels, der Membran der Holzzellen und des Jahresringes bei den Abietineen, in erster Linie von *Pinus silvestris L.*“, durch die Freundlichkeit des Autors erhielt. Diese Mittheilungen veranlassten mich, den ganzen in Frage stehenden Theil meines Manuscripts nochmals umzuschreiben und die Russow'schen Angaben einzuschalten. Mit Freuden hebe ich hervor, dass ich mit Russow fast in allen thatsächlichen Angaben übereinstimme; nur in der Deutung der Wachsthumsvorgänge der Membran gehen unsere Meinungen auseinander.

Das Cambium des von mir untersuchten, im Juni mit Alcohol fixirten Stammholzes war in voller Thätigkeit und daher zahlreiche Lagen in Entwicklung begriffener Zellen auf der Xylem- und Phloëm-Seite zu finden. Die cambiale Zone ist, wie jetzt gut bekannt¹⁾, durch die auffallende Verdickung eines Theiles der gemeinsamen, radialen Wände ausgezeichnet (Taf. III, Fig. 1). Die bei der Theilung entstehenden tangentialen Wände setzen scharf an die radialen Wände an. Dass dabei nicht eine gleichzeitige Membranbildung um die ganzen Tochterzellen erfolgt, vielmehr die neue Scheidewand allein angelegt wird, geht aus allen meinen Untersuchungen über Zelltheilung hervor und war auch an dem hier in Frage stehenden Objecte zu constatiren²⁾. Die stark verdickten, radialen Wände verdanken somit ihre grössere Dicke einem von der Zelltheilung zunächst unabhängigen Wachsthumsvorgange. Sie verhalten sich zu den zarten, tangentialen Wänden so wie die Seitenwände einer Spirogyra zu den neu auftretenden Querwänden. Bei Spirogyra folgt auf die vollendete Theilung eine gleichmässige Verdickung der ganzen Wandung; dasselbe dürfte auch hier der Fall sein. Angenommen nun, der Querdurchmesser der radialen Wände der Cambiumzellen nehme durch Streckung zwischen zwei Theilungsschritten weniger ab, als er durch Dickenwachsthum nach jedem Theilungsschritte gewinnt, so wird eine stäte Dickenzunahme der radialen Wände die Folge sein. In der That findet man diese Wände so stark entwickelt erst in älteren Stämmen³⁾. Eine gewisse maximale Dicke einmal erreicht, wird übrigens

¹⁾ Sanio, Jahrb. f. wiss. Bot., IX, 1873, p. 63; Dippel, Abh. d. Senck. Gesell., Bd. X, 1876, p. 192.

²⁾ Vgl. auch meine älteren Angaben in Zellb. und Zellth., II. Aufl., 1876, p. 116 u. ff.

³⁾ Sanio l. c. p. 51.

nicht überschritten. Erst kürzlich eingeschaltete radiale Wände zeichnen sich durch relativ geringere Dicke aus. Gegen das Zellumen hin sind die radialen Wände in gewohnter Weise durch das stärker lichtbrechende, dichtere Grenzhäutchen abgeschlossen. Im Innern zeigen sie sich viel schwächer lichtbrechend. Die tangentialen Wände haben dieselbe Dichte wie das Grenzhäutchen und scheinen es direct fortzusetzen. Ganz junge Tangentialwände sind ohne Anschwellung an der Insertionsstelle; ältere zeigen sich hier etwas angeschwollen. Das Grenzhäutchen der radialen Wand biegt dann, so zu sagen, von zwei Seiten in die Tangentialwand ein. So hebt auch Sanio hervor: dass „diejenigen tangentialen Wände, die im abgerundeten Winkel in die radialen, sich vom mittleren Theile der radialen Cambiumwände absetzenden Wandstücke übergehen, sofort als älter zu erkennen sind als jene, welche im scharfen Winkel sich mit den radialen Wänden vereinigen.“ Häufig kommt es auch vor, dass die radialen Wandstücke der Mutterzelle einer grösseren Reihe von Tochterzellen sich krümmen und dass man dann aus der Art der Krümmung deutlich die Grenze der ursprünglichen Mutterzelle feststellen kann¹⁾.

In dem Maasse, als die radialen Wände aus der Cambiumzone treten, werden sie dünner. Die schwächer lichtbrechende Substanz scheint aus ihrem Inneren zu schwinden und zeigt sich schliesslich nur noch in Gestalt von „Zwickeln“ an den Stellen erhalten, wo drei bis vier Zellen zusammenstossen. Die beiderseits entwickelten Grenzhäutchen kommen bei diesem Schwund der Wand in gegenseitige Berührung und man sieht zuletzt eine gleichmässig in ihrer ganzen Dicke das Licht brechende Wand. Sanio²⁾ nahm früher eine Resorption der inneren, minder dichten Masse an; eine solche Resorption schien durch später noch zu besprechende Erscheinungen bei der Tüpfelbildung gestützt zu werden. Jetzt tritt Sanio³⁾ für eine Compression der inneren Substanz ein. Ich meine, dass die vorliegende Dickenabnahme auf Streckung der Wand, verbunden mit Wasserverlust, basirt. So auch Russow⁴⁾, der in ihr eine besondere Anpassungserscheinung erblickt und die

¹⁾ l. c. p. 51.

²⁾ Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. IX, p. 64.

³⁾ Flora, 1874, p. 552.

⁴⁾ l. c. p. 36.

radialen Wände der Jungholzzellen sich gleichsam aus den Cambiumwänden ausspinnen lässt.

An meinem, im Alcohol aufbewahrten Holze war es ein Leichtes, die Cambiumschicht mit Chlorzinkjod violett zu färben. An den radialen Wänden färbten sich die Grenzhäutchen dunkel, die mittlere Schicht heller. Besonders schön, und zwar blau, wurde die Färbung, wenn ich in Glycerin oder Wasser eingeglegte Schnitte zunächst mit ein wenig Chlorzinkjodlösung behandelte, in einen anderen Tropfen Glycerin oder Wasser transportirte und nur langsam schwach verdünnte Schwefelsäure hinzutreten liess¹⁾. Neuerdings giebt Carl Ritter²⁾ an, Cellulose-Reaction mit Chlorzinkjod, sowie mit Jod und Schwefelsäure auch an cambialen Geweben der Phanerogamen, die sich nach Dippel³⁾ und Solla⁴⁾ nicht blau färben sollten, erhalten zu haben, wenn er genannte Gewebe zuvor kurze Zeit der Einwirkung von Salzsäure oder Kalilauge aussetzte. Dieselbe Wirkung hatte ein einige Zeit andauerndes Verweilen in Wasser, in dem Fäulnissprocesse stattfanden, ja sogar ein kräftiges Quetschen der Gewebe zwischen zwei Objectträgern sollte das Eintreten der Reaction ermöglichen. Selbst an vielen Pilzmembranen liess sich Cellulosereaction gewinnen; hierzu war freilich oft ein mehrwöchentliches Verweilen in Kalilauge nöthig, deren Wirkung durch häufiges Wechseln und schliesslich durch ein Erhitzen bis zum Kochen erhöht wurde. Russow⁵⁾ empfiehlt als besonders wirksam für das Coniferenholz eine Lösung von zwei Theilen Schwefelsäure und einem Theil Wasser (dem Volumen nach), deren Anwendung übrigens noch besondere Vorsichtsmaassregeln erheischt. Je nach der Concentration der Schwefelsäure soll nach Russow die Färbung verschieden ausfallen und von verschiedenen Quellungserscheinungen begleitet sein. Die

¹⁾ Vergl. auch Sanio, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. IX, p. 64. der eine schwache Färbung angiebt; Dippel, Flora, 1874, p. 268 u. a. a. O., der dieselbe gänzlich in Abrede stellt; Mikosch (Stzbr. der Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. LXXXIV, Juniheft 1881, p. 49), der wiederum schwache Blaufärbung behauptet.

²⁾ Stzbr. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. LXXXIII, Abth. I, Maiheft 1881, Sep.-Abdr. p. 5.

³⁾ Mikroskop, Bd. II, p. 8.

⁴⁾ Oestr. bot. Zeitschr., 1879, p. 351.

⁵⁾ l. c. p. 21.

mittlere Schicht, die „Zwischensubstanz“ wird so fast gar nicht, wenigstens anfänglich nicht, tingirt; Russow schreibt dies dem hohen Wassergehalt derselben zu. Durch Chlorzinkjod, fügt er hinzu, wird, je nach der Concentration derselben und dem Gehalt an Jodkalium, die „Zwischensubstanz“ gleichförmig graublau bis violett gefärbt.

Mit Chlorzinkjodlösung gefärbte, zarte, radiale Längsschnitte zeigen auf den radialen Wänden die von Russow¹⁾ beschriebenen runden Tüpfel. Dieselben sind nicht scharf contourirt, färben sich kaum und treten daher als helle Stellen in den gefärbten Präparaten hervor. Diese Tüpfel erreichen fast die tangentialen Wände. Auf tangentialen Längsschnitten präsentiren sie sich, wie auch Russow angiebt, als „seichte Einsenkungen oder flache Grübchen“ der Wand. Der verticale Abstand der Tüpfel beträgt meist etwa „das Vierfache des Tüpfeldurchmessers, doch sind nicht selten die Tüpfel einander mehr genähert oder auch weiter von einander entfernt“. Auf wirklich radialen Schnitten sieht man, von Russow ebenfalls schon angegeben, die Tüpfel sich in parallelen, ziemlich äquidistanten Reihen vom jungen Holz durch das Cambium in den jungen Bast fortsetzen. In dem Maasse, als sie zum Jungholz übergehen, werden die Tüpfel höher und auch breiter und erreichen alsbald auf radialen, durch Chlorzinkjod gefärbten Schnitten das Aussehen unserer Fig. 6, Taf. III. Das sind die Sanio'schen Primordialtüpfel²⁾. Die Tüpfelflächen färben sich nicht, die sie trennenden Membranstreifen sind schön violett und wie das Bild zeigt und auch Russow angiebt, weich contourirt und biconcav. Auf tangentialen Längsschnitten haben die Einsenkungen der Wand entsprechend an Höhe gewonnen (Fig. 3, 4, Taf. III). Da nun ein Längenwachsthum der Wände nicht stattfindet und somit diese Vergrösserung nicht auf Streckung beruhen kann, so ist nur Substanzverlust an den betreffenden Stellen wahrzunehmen. Dieser Substanzverlust scheint zum grossen Theile auf einer Abnahme des Wassergehalts zu basiren. Russow führt eine schöne Beobachtung an³⁾, welche hierfür spricht. Lässt man nämlich in diesen

¹⁾ l. c. Sep.-Abdr., p. 4.

²⁾ Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. IX, p. 79.

³⁾ l. c. p. 25 u. 33.

und nächstfolgenden Entwicklungszuständen Jod und Schwefelsäure auf die Schnitte einwirken, so quillt die Membran des Primordialtüpfers auf, bis sie die Dicke der tüpfelfreien angrenzenden Stellen der Wand erreicht.

In der Mitte des Primordialtüpfers wird hierauf bei Chlorzinkjodbehandlung ein kreisrunder Fleck sichtbar, den Russow als Torus bezeichnet. Tangentiale Längsschnitte (Taf. III, Fig. 7) zeigen ihn als mittlere Verdickung der Schliesshaut des Primordialtüpfers. Dabei pflegt, wie Russow hervorhebt, eine einseitige Hervorwölbung der Schliesshaut einzutreten (Fig. 7). Ich glaube hinzufügen zu können, dass der auftretende Torus einer wirklichen Verdickung der Schliesshaut seine Entstehung verdankt, denn ich sehe, dass zu der Zeit, wo der Torus auftritt, Protoplasma an der Schliesshaut angesammelt ist und der mittleren Partie derselben Mikrosomen anhaften. Für diese Auffassung scheinen mir auch die schon erwähnten Russow'schen Quellungspräparate zu sprechen. Russow findet nämlich auf diesem Zustande, nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure, die Schliesshaut gequollen bis zur Stärke der angrenzenden Wand und der Länge des Torus entsprechend, beiderseits der Schliesshaut gleichsam angesetzt, einen dicken, kurzen, blauen Strich. Russow deutet freilich das Bild anders und meint, die Innenschicht sei nur am Torus erhalten geblieben, im Umkreis desselben aber zu unmessbar feinen Linien reducirt worden. Er denkt sich, dass die bedeutende und rasche Dickenzunahme der zwischen den Primordialtüpfeln befindlichen Wandstücke durch diese „Dislocation“ der innerhalb der Wand fortgewanderten Substanzmoleküle bedingt werde¹⁾. Ich möchte nun in der That auch eine theilweise Verdrängung der Substanzmoleküle aus dem sich vergrößernden Primordialtüpfel in die angrenzende Wand annehmen, den Torus aber nachträglich durch locale Verdickung entstehen lassen. So nimmt auch Sanio²⁾ dessen Bildung an. — Auf Querschnitten soll nach Russow die Schliesshaut des in Frage stehenden Entwicklungszustandes eine dem Sigma oder Zeta entsprechende Krümmung zeigen³⁾. In manchen Fällen fand ich dieselbe in der That,

¹⁾ l. c. p. 34, 35.

²⁾ l. c. p. 11.

³⁾ l. c. p. 78.

für gewöhnlich aber nur eine dem tangentialen Längsschnitt entsprechende Ausbuchtung (Fig. 1, dritte Zelle von unten rechts). Russow giebt aber an, die complicirtere Krümmung sei an sehr rasch wachsendem Holze oder im Beginn der Vegetationsperiode am auffallendsten. Im Sommerholz sei „von der zetaförmigen Knickung nur anfänglich wenig, später nichts mehr wahrzunehmen“¹⁾.

Dem Primordialtüpfel wird, wie Sanio²⁾ zuerst feststellte, der Tüpfelhof aufgesetzt. Auf dem radialen Längsschnitt Fig. 10 sieht man ihn als scharf contourirten, sich mit Chlorzinkjod blau färbenden Kreis auftreten (in der Figur links). Tangentiale Längsschnitte (Taf. III, Fig. 8) lehren gleichzeitig, dass der betreffende Ring oben und unten an die verdickten, die Primordialtüpfel trennenden Wandstücke ansetzt. Nur selten erreicht er dieselben nicht. Die Breite des Ringes nimmt rasch zu (Fig. 10). Er wächst schräg dem Zellumen zu und seine innere Oeffnung verengt sich in demselben Maasse. In der Zelle rechts, Fig. 10, hat der innere Rand der Hofwandung den Torus alsbald erreicht, dann wird derselbe verdickt und in Fig. 13 der definitive Zustand gewonnen. Wie auf den tangentialen Längsschnitten und den Querschnitten sich die Entwicklung des Tüpfelhofes präsentirt und wie sie gleichzeitig von einer Verdickung der ganzen Zellwandung begleitet wird, ist aus den Figuren 1, 9 und 11—17, Taf. III zu ersehen. Ich finde, dass die Krümmung der Schliesshaut schwindet, sobald die Bildung des Tüpfelhofes anhebt (Fig. 9). Russow giebt an, dass, wenn die Hofmembran ihre halbe definitive Breite erreicht hat, eine merkliche Quellung der Schliesshaut in Jod und Schwefelsäure kaum mehr erfolgt. Nicht alle Primordialtüpfel erhalten einen Hof und wo er ausgeblieben, da wird auch der Primordialtüpfel alsbald unkenntlich. Dieses zeigt schön unsere Fig. 10, Taf. III, wo in der mittleren Zelle ein unbenutzter Primordialtüpfel noch gut kenntlich, in der Zelle rechts die der Mehrzahl nach unberücksichtigt gebliebenen Tüpfel sich aber kaum mehr erkennen lassen. Ich finde, dass die Unregelmässigkeit in der Vertheilung der Tüpfel im fertigen Zustande vornehmlich daher röhrt, dass so viele Primordialtüpfel übersprungen werden.

¹⁾ l. c. p. 15.

²⁾ l. c. p. 79.

Russow hebt für Herbstzellen hervor, dass in denselben viele Primordialtüpfel unterdrückt werden müssen, denn die Zahl der Primordialtüpfel hat in den Cambiumzellen nicht abgenommen, während sie auf den ausgebildeten Holzzellen eine sehr geringe ist¹⁾.

Die Fälle, wo ein einzelner Hoftüpfel oder, wie das im Wurzelboden ganz allgemein (Taf. III, Fig. 23), ein Hoftüpfelpaar von einem zweiten äusseren, einfachen oder doppelten Contour umgeben erscheint, weichen von dem gewöhnlichen Verhalten nur wenig ab. Tangentiale Längsschnitte (Fig. 24) des fertigen Zustandes zeigen nämlich dicht an solche Tüpfel grenzend, eine knotenförmige Anschwellung der primären Wand. Folgen zwei Hoftüpfel sehr rasch auf einander, so kann eine einzige solche Anschwellung beide trennen. Liegen sie weiter aus einander, so fällt jedem eine besondere Anschwellung zu. Die Anschwellung kann unbedeutend sein und in ihrer ganzen Masse gleichmässig dicht erscheinen, dann präsentirt sie sich in radialer Flächenansicht der Wand als eine einfache Linie. Oder die Anschwellung ist grösser und dann in ihrem Innern weniger dicht, das giebt zwei einander fast parallele Linien, die dem oberen und unteren Rande der Anschwellung entsprechen. Reicht die Anschwellung von einem Hoftüpfel zum andern, so grenzt an jeden eine einfache dem Rande der Anschwellung entsprechende Linie. Das Bild, Fig. 24, Taf. III, wurde aus frischem Wurzelholze, das sehr breite Holzzellen und meist doppelte Hoftüpfelreihen zeigte, gewonnen. An die unterste Anschwellung in der Figur grenzt kein Hoftüpfel, weil hier der Schnitt zwischen zwei in gleicher Höhe liegenden Hoftüpfeln gegangen war. Es ist klar, dass, wie es bereits Sanio²⁾ richtig angiebt, diese die Hoftüpfel umgebenden Contouren die erhaltenen Grenzen der Primordialtüpfel sind. Sie erscheinen dementsprechend auf Tangentialschnitten als Anschwellungen der Primärwand. Diese Anschwellungen mussten in den betreffenden Fällen besonders stark gewesen sein oder haben sich aus anderen Gründen nicht ausgeglichen. Wo zwei Hoftüpfel, wie das im Wurzelholz allgemein, neben einander liegen, sind beide auf demselben Primordialtüpfel entstanden. Wie der

¹⁾ l. c. p. 31.

²⁾ l. c. p. 79.

radiale Längsschnitt lehrt, lassen sich die Contouren der Primordialtüpfel nicht bis an die tangentialen Wände verfolgen. Nicht alle Tüpfel derselben Zelle zeigen den äusseren Contour.

Der Beginn der secundären Verdickung fällt, meiner Auffassung nach, mit der ersten Anlage der Hofwandung zusammen und schreitet mit derselben fort.

Sobald aber die secundäre Verdickungsschicht die primäre Wand zu decken begonnen hat, fängt letztere an, ihren chemischen Charakter zu verändern und färbt sich mit Chlorzinkjodlösung nicht mehr violett, sondern schmutzig grün und weiterhin gelb. Im Herbstholz cuticularisiert nach Sanio¹⁾ die primäre Wand sogar noch vor Beginn der secundären Ablagerung. Die Cuticularisirung beginnt in den Ecken, wo sich die Zwickel befinden²⁾.

Ueber die Entstehung der Hofwandung sind sehr verschiedene Ansichten aufgestellt worden. Schacht³⁾ erklärte sie zuletzt für eine Faltenbildung der Zellmembranen. Sanio⁴⁾ hält die den Hof auskleidende Membran für eine Fortsetzung der primären Zellmembran; sie soll als ringförmige Wucherung durch Intussusception aus derselben hervorgehen. Dippel⁵⁾ spricht sich neuerdings folgendermaassen aus: „Wie bei den einfachen, am Grunde immer etwas erweiterten Poren die Schliesshaut durch einen der Copulation ähnlichen Vorgang aus der innersten secundären, zuerst entstandenen Schicht (der sogenannten tertiären Zellhülle) entstanden ist, so wird bei den Hofporen, Hof- und Schliesshaut, nach Resorption des den Primordialporus bildenden Stückes der primären Zellhülle, durch die innerste secundäre Schicht (die tertiäre Zellhülle) gebildet.“ Russow⁶⁾ bemerkte in Betreff der Entwicklung der Hofwand (im Frühlingsholz), „dass es fraglich erscheinen könne, ob dieselbe in ihrer ganzen Ausdehnung als eine durch local sehr gesteigertes Dickenwachsthum der Zellhaut hervorgegangene

¹⁾ l. c. p. 66.

²⁾ Sanio, ebendas.

³⁾ Bot. Zeitung, 1859, p. 238, und De maculis in plantarum vasis, 1860, p. 7.

⁴⁾ l. c. p. 81.

⁵⁾ Flora, 1874, p. 271, vergl. auch Flora, 1875, p. 169, 463, und Abb. d. Senckenberg. Gesell., Bd. XI, p. 176.

⁶⁾ l. c. p. 37.

Bildung aufzufassen sei, im Hinblick auf die Thatsache, dass nach der ersten ringwallartigen Anlage, die durchaus den Eindruck einer localen Verdickung mache, im Verlauf der weiteren Entwicklung bis zur Erreichung der definitiven Ausdehnung, die Hofwand so ausserordentlich dünn und nach dem Rande so fein zugeschrärt sei, wie man es nicht anderwärts bei Bildungen anträfe, welche durch local gesteigertes Dickenwachsthum entstanden sind.“ Russow „hat sich nicht des Eindruckes erwehren können, als finde das Wachsthum der Hofwand nach Art einer succedan sich ausbildenden Zelltheilungswand (wie etwa bei Cladophora) statt, d. h. als werde eine feine Membran aus der Oberfläche des Protoplasma ausgeschieden. Innerhalb des Hofraumes wird bis zur Ausführung des Tüpfels stets Protoplasma angetroffen; ferner zeigt die Hofwand dieselbe Schichtung wie die Membranen der Holzzellen.“ „In Bezug auf die Beschaffenheit der Hofwand verdient noch hervorgehoben zu werden, dass in ihrer Jugend die innere Seite (die dem Hofraum zugekehrte), im höheren Grade quellungsfähig ist, als die äussere; schon im Wasser krümmen sich, wenn der Schnitt sehr dünn und durch die Mitte des Tüpfels gegangen ist, die Wandstücke auswärts, bei Anwendung von Jod- und Schwefelsäure rollen sich dieselben ringartig zusammen.“

Meine Auffassung weicht von der vorhergehenden wiederum ab, schliesst an einige der Russow'schen Angaben aber an, was mich veranlasste, dieselben in Extenso zu reproduciren. Ich habe vorher schon angeführt und das geht auch aus meinen Abbildungen hervor, dass die secundäre Verdickung der Zellwände gleichzeitig mit der Bildung der Hofwandung beginnt. Freilich ist die Verdickung der Zellwände noch unscheinbar, während die Anlage der Hofwandung schon sehr in die Augen fällt. Letzteres hängt mit der stärkeren Lichtbrechung der beiderseits frei ins Zellumen hineinragenden und auch etwas quellenden Hofwandung zusammen. Sehr dünne tangentiale Längsschnitte der betreffenden Entwicklungszustände, frisch und nach Behandlung mit Reagentien, zeigen unzweifelhaft, dass die Hofwandung sich in eine entsprechende Verdickungsschicht der Zellwandung fortsetzt. Wie ich später zeigen werde, besteht die secundäre Verdickungsschicht der Holzzellen von Pinus aus zahlreichen, äussert dünnen La-

mellen. Diese Lamellen werden nach einander apponirt, wobei jede folgende über den Rand der vorhergehenden greift. Der Vorgang ist also nicht anders, als bei der Bildung der sich verengenden Tüpfel im Endosperm von *Ornithogalum* oder *Phoenix*. Jede Lamelle greift hier nur mehr, nach dem Tüpfelkanal zu vor, als es dort der Fall, wodurch sich dieser Kanal rasch verengt. Das Voregreifen der Lamellen erklärt hinlänglich das sich Zuschräfen der Hofwandung am Rande, auch ihre von Russow erwähnte „Schichtung“. Das sich Vorwölben der Hofwandung gegen das Zellumen wird aber hinlänglich erklärt durch die auch von Russow hervorgehobene Thatsache, dass die Hofwandung in der Jugend an ihrer inneren Seite in hohem Grade quellungsfähig ist und sich auf dünnen Schnitten im Wasser stark nach dem Zellumen zu krümmt. Die nach aussen gegen den Tüpfelhof gelegenen Lamellen nehmen an Volumen zu und suchen daher die ganze Hofwandung so weit als möglich hervorzuwölben. Hat der Tüpfelkanal die definitive Verengung erfahren und die Verdickung der Zellwandung schreitet noch fort, so greifen die Lamellen nicht mehr über den Rand und der Kanal hält sich nun gleichweit, ja erweitert sich noch gegen das Zellumen. Diese Erscheinung ist an Herbstzellen leicht zu beobachten¹⁾. Die innere den Tüpfelhof auskleidende Schicht, die nach Fertigstellung der Tüpfel, sowie die primären Wände reagirt, d. h. cuticularisiert sich zeigt, ist eine spätere Differenzirung. Sie repräsentirt dasselbe Grenzhäutchen, das uns auch als einheitliches Gebilde in den Kanälen einfacher Tüpfel gegenübertrat. Dieses cuticularisierte Grenzhäutchen setzt an die cuticularisierten primären Wände, am Rande der Schliesshaut an und da letztere sehr dünn ist, so scheint es, als wenn die primären Wände sich in die Innenauskleidung des Tüpfels direct fortsetzen möchten.

Die Entwicklung der behöften Tüpfel würde sich dieser Schilderung nach, an diejenige einfacher Tüpfel anschliessen lassen und nur eine besondere Modification derselben vorstellen.

Die secundäre Verdickungsschicht zeigt während ihres ganzen Wachstums einen etwas stärker lichtbrechenden Innenrand. Doch ist dies nicht der Rand, der bleibend als Grenzhäutchen, in mehr oder weniger starker Entwicklung,

¹⁾ Vergl. die Bilder bei Sanio I. c. Taf. XI, Fig. 2 u. ff.

ausgebildet wird; letzterer entsteht erst am Schluss der Verdickung. Das definitive Grenzhäutchen, als tertiäre Verdickungsschicht bezeichnet, ist bekanntlich besonders deutlich in Herbstholzzellen vertreten, trotzdem während der Entwicklung der lichtbrechende Innenrand dort nicht stärker wie im Frühlingsholz. Das Grenzhäutchen setzt sich hier ebenso wenig als fortlaufende Lamelle in den Tüpfelkanal hinein fort, als dies bei einfachen Tüpfeln geschah; die scheinbare Continuität wird durch die gleiche Lichtbrechung der Hofauskleidung hervorgerufen. — Die sekundäre Verdickungsschicht ist durch eine spirale, etwa unter 45° aufsteigende Streifung ausgezeichnet¹⁾. In vielen Fällen ist diese Streifung sehr deutlich, in anderen nur schwach angedeutet, in noch anderen nicht zu erkennen. Wo deutlich ausgebildet, können die Streifen sehr schmale, doch auch relativ breite Bänder bilden. Die Streifung kann auch von schräg gestellten Ringen herrühren; Naegeli²⁾ will dieselben besonders häufig an altem Fichtenholz beobachtet haben. Alcoholpräparate zeigen die Streifung eben so gut wie frische Schnitte. Eine Kreuzung der Streifen innerhalb derselben Schicht habe ich nicht gesehen³⁾. Die Streifung lässt sich über dem Tüpfelhof nicht unterscheiden. Sie beeinflusst jedoch die Gestalt der Tüpfelmündung, die sich parallel der Streifung spaltenförmig verlängert zeigt. In der Deutung schraubiger Streifung schliesse ich mich Dippel an und fasse dieselbe, wie er, als eine schraubige Verdickung der Wand auf. Die Streifen sind im Contact und oft so fein, dass sie sich nicht mehr unterscheiden lassen. Quellung in Schwefelsäure macht sie oft auch dann noch sichtbar. Im Prinzip nicht anders ist die Deutung für die Ringstreifen, die von schräg gestellten, mehr oder weniger zur Zellaxe geneigten, sehr niedrigen, einander berührenden Ringen herrühren.

Meiner Auffassung nach wachsen die Wände der Coniferen-Holzzellen von aussen nach innen, derart dass die innersten Lamellen die zuletzt gebildeten sind. Hierin stimme ich mit Sanio überein, der die Innenauskleidung ebenfalls zuletzt sich

¹⁾ Naegeli, Sitzbr. d. bair. Akad. d. Wiss., 9. Juli 1864, p. 130; Dippel, Abh. d. Senckenb. Gesell., Bd. XI, 1879, p. 155.

²⁾ I. c. p. 125.

³⁾ Dagegen Naegeli I. c. p. 133, Fig. 26.

bilden lässt, während nach Dippel¹⁾ das innere Blatt der Verdickungsschicht zuerst entstehen und dann zwischen dasselbe und die primäre Wand das mittlere Blatt eingeschaltet werden soll. Doch lässt Sanio die Verdickungsschicht an ihrem inneren Rande durch Intussusception wachsen, während ich ein Wachsthum durch Apposition aufeinanderfolgender, sehr dünner Lamellen annehme. Russow hinwiederum tritt für ganz ausschliessliches Intussusceptionswachsthum ein. Die junge Theilungswand wird, nach Russow, als eine einfache, einheitliche Membranschicht gebildet und spaltet sich nachträglich in eine mittlere wasserreiche und zwei dichtere wasserärmere Lagen²⁾. Die secundäre Verdickungsschicht bildet sich dann aus den dichteren Lagen, somit aus der Innenschicht der Cambiumzellen aus³⁾. Russow kann somit „der von Sanio entwickelten Einschachtelungstheorie nicht beipflichten“, wenn er auch zugiebt, dass „die an gelungenen Jod-Schwefelsäure-Präparaten in der Cambiumregion beobachteten Verhältnisse zu Gunsten dieser Theorie zu sprechen scheinen“. Die Differenzirung der sog. tertären Schicht findet nach Russow erst statt, wenn die Verdickung der Holzzellen fast beendet ist. Sie tritt bald schärfer bald weniger scharf hervor, ja, nicht selten, ist sie kaum merklich von der secundären Schicht abgesetzt⁴⁾.

Radiale und tangentiale Längsschnitte so wie Querschnitte lehren, dass das Protoplasma in den Holzzellen, sowohl des cambialen als auch postcambialen Zustandes, einen nur relativ dünnen Wandüberzug bildet. Dieser Wandbeleg ist, wie auch Russow bemerkt⁵⁾, in den jungen Herbstzellen stärker als in Frühlingszellen. Sehr interessant ist die Angabe von Russow, dass das Protoplasma der Cambium-, Jungholz- und Jungbastzellen, der plasmaführenden Markstrahlzellen, so wie der Parenchymzellen des Bastes und der die Harzgänge umgebenden Zellen sehr schöne Plasmastromung zeigt⁶⁾. — Ein grosser abgeflachter Zellkern mit netzförmig disponirtem Inhalte und wenig markirten Kernkörperchen liegt dem Wandplasma der

¹⁾ Flora 1874, p. 269, und Senckenb. Gesell., Bd. X, p. 194.

²⁾ I. c. p. 30.

³⁾ I. c. p. 29.

⁴⁾ I. c. p. 28.

⁵⁾ I. c. p. 32.

⁶⁾ I. c. p. 16, 17.

Cambiumzellen an. Dieses Wandplasma führt zahlreiche Mikrosomen. Es tritt an Alcoholpräparaten zunächst von der Zellwand zurück, und zeigt sich in mehr oder weniger contrahirtem Zustande. Am Schluss der Verdickung bleibt der Plasmeschlauch trotz Einwirkung des Alcohols an der Zellwand haften. Während das Wachsthum der Wand fortschreitet, sieht man die Zahl der Mikrosomen in dem Plasmeschlauch abnehmen. Dieselben zeigen jetzt eine eigenthümliche Anordnung. Es sind das aufsteigende Schraubenlinien, so völlig übereinstimmend mit dem Streifensystem der Wand, dass an einen Zusammenhang beider nicht zu zweifeln ist (Taf. III, Fig. 25).¹⁾. In manchen Fällen erscheint, unter dem contrahirenden Einflusse des Alcohols, der Plasmeschlauch in Bänder zerrissen (Fig. 26, 27) und diese verrathen einen weiteren Aufbau aus parallelen Körnerreihen. Eine Contraction des Plasmeschlauchs wird hierauf unmöglich. Weiterhin lässt sich der Plasmeschlauch überhaupt nicht mehr deutlich sehen, doch noch die der Zellwand anhaftenden Mikrosomen unterscheiden (Fig. 28). Auf dem nächsten Zustande sind auch die Mikrosomen verschwunden. Bemerkt sei noch, dass während der Entwicklung der Hofwandung das Protoplasma aus den scharfen Winkeln zwischen Hofwandung und Schliesshaut zurückweicht und nur als eine am Grunde etwas erweiterte Papille in den Hofraum hineinragt, um sich hier dem Torus anzulegen (Taf. III, Fig. 12). Die Ansammlung des Protoplasma an den Primordialtüpfeln zur Zeit der Torusbildung wurde schon früher erwähnt. Gegen Ende der Entwicklung wird der Zellkern sehr blass und inhaltsarm, immerhin ist er es, der sich am längsten in der Zelle hält. Hin und wieder nimmt er gelappte Formen an, fragmentirt sich auch wohl in ganz seltenen Fällen, und zerfällt schliesslich in einzelne Körnchen, die aller Wahrscheinlichkeit nach sich nicht mehr an dem Aufbau der Wand betheiligen.

Um alle die hier geschilderten Entwicklungszustände zu gewinnen, muss man zu tangentialem Längsschnitten seine Zuflucht nehmen, die, in stäter Aufeinanderfolge vom Cambium

¹⁾ Interessant ist es, dass Crüger in den westindischen Fragmenten bereits 1855 (Bot. Zeitung, Sp. 621) Aehnliches für verschiedene Zellen, vornehmlich Haare, die eine fein gestreifte Wandung besitzen, angiebt. Er schildert in denselben Wandströmchen aus Protoplasma, welche in ihrer Richtung beständig der Wandzeichnung entsprechen.

aus gegen das Holz geführt, alle gewünschten Entwicklungs-zustände in reicher Auswahl zu bieten pflegen. Färbung mit Haematoxylin macht die Anordnung der Mikrosomen sichtbarer.

In ähnlicher Weise, wie es hier geschehen, schilderte bereits Schmitz¹⁾ das Verschwinden des Protoplasmaschlauches in den zahlreichen Fällen, in denen ältere Zellen völlig protoplasma-leer sind, so z. B. in vielen parenchymatischen Zellen älterer Stengel von Phanerogamen, namentlich des Markes der-selben; Gefäßzellen; zahlreicher Sklerenchymzellen von Phanero-gamen und besonders auch der sterilen Zellen des Myceliums und des Fruchtkörpers sehr vieler Pilze aus den verschiedensten Familien. Der Protoplasmaschlauch wird immer dünner und immer schwieriger durch Contractionsmittel von der Zellwand ablösbar; schliesslich sind nur noch ganz vereinzelte Reste des Protoplasmaschlauches und der Zellkern übrig, die der Innen-seite der Zellwand fest anhaften: die Substanz des Protoplasma-schlauches ist nach und nach zur Verdickung der Zellmembran aufgebraucht worden.

In einer eben erschienenen Abhandlung²⁾ lässt hingegen Mikosch die sämmtlichen Schichten der Holzzellwandung der Coniferen durch innere Differenzirung aus den primären Wänden hervorgehen. Die „Primordialtüpfel“ Sanio's sollen „dünn-gebliebene“ Stellen der Wand sein. Durch Flächenwachsthum der „älteren Zellwandtheile“ soll der Tüpfelkanal, der Hof hin-gegen „durch Resorption gewisser Theile der später sich ver-dickenden Porenscheidewand“ erzeugt werden.

Bei Einwirkung concentrirter Schwefelsäure auf das Holz der Kiefer oder Fichte sieht man die secundären Verdickungs-schichten sehr stark aufquellen und sich schliesslich lösen. Das Grenzhäutchen widersteht besser der Quellung und tritt deutlich hervor. Zwischen den quellenden Verdickungsschichten zeichnen sich alsbald die primären Wände, von welchen schliesslich nur das gelbbraun sich färbende, zarte Netzwerk der Mittellamellen zurückbleibt. Auch nach Dippel³⁾, dem sich Sanio⁴⁾ später an-schloss, bleiben nur die Mittellamellen der primären Wand bei

¹⁾ Stzbr. der niederrh. Gesell. f. Natur- und Heilkunde in Bonn, 13. Juli 1880, Sep.-Abdr. p. 11.

²⁾ Stzbr. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Juniheft 1881.

³⁾ Flora, 1874, p. 266, und zuletzt Senckenb. Gesell., Bd. XI, 1879, p. 125.

⁴⁾ Flora, 1874, p. 554.

solcher und ähnlicher Behandlung erhalten. Das drückt Dippel in der Weise aus: die Mittellamelle besteht stets aus drei Theilen: der mittleren Theilplatte (Intercellularsubstanz), aus der Substanz der cambialen Hülle hervorgegangen und den primären Zellhüllen. Ich habe diesen Punkt früher bereits zur Sprache gebracht und komme nur desshalb nochmals auf denselben hier zurück, weil Dippel sich vornehmlich auf das Coniferenholz in seinen Schlüssen stützte.

Besonders schöne Präparate erhält man aus dem Holz von *Pinus canariensis*, wenn man sehr zarte Querschnitte nach bekannter Methode mit chlorsaurem Kalium und Salpetersäure macerirt und hierauf Schwefelsäure einwirken lässt.

Entwicklungsgeschichtlich geht also die primäre Wand auch hier aus den Wänden der Cambiumzellen und der, der Tüpfelbildung vorausgehenden primären Verdickung derselben hervor. Die cambialen Wände geben die cuticularisierten Mittellamellen. Besonders gut ist dieses an den tangentialen Wänden zu verfolgen. Sie sind bei ihrer Anlage einfach, durch kein Mittel in mehrere Lamellen zu spalten, doch noch innerhalb der Cambialzone, vor Beginn der Tüpfelbildung, durch entsprechende Behandlung in drei Schichten¹⁾ zu zerlegen. Diese bilden zusammen die primäre Wand, die mittlere Lamelle derselben ist die ursprüngliche einfache Cambiumwand, sie ist es, die cuticularisiert. An den radialen Wänden sind cuticularisierte Mittellamellen und Zwickel das Product der ursprünglich dicken, mit Grenzhäutchen versehenen Cambialwandung, welche ebenfalls durch eine primäre Verdickungsschicht zur primären Wandung ergänzt wurde.

Lässt man die secundären Verdickungsschichten der Holzzellen in Schwefelsäure stark, doch vorsichtig quellen und wäscht hierauf mit Wasser aus, so kann man bei starker Vergrösserung meist feststellen, dass die secundären Verdickungsschichten von zahlreichen Lamellen gebildet werden. Diese Lamellen sind gleich dick, gleich lichtbrechend und werden von schmalen, sich dunkler zeichnenden Grenzflächen getrennt. Einzelne Grenzflächen können sich hin und wieder stärker markiren. In manchen Fällen ist ausser der concentrischen auch eine radiale Zeichnung gegeben und der Vergleich mit

¹⁾ Vergl. auch Russow I. c. p. 24.

Längsschnitten lehrt, dass solche Zellen schrauben- oder ringförmige Streifung besitzen. Fehlt die Streifung auf dem Längsschnitt, so hat auch der Querschnitt nur concentrische Schichtung. Bei sehr feiner Streifung im Längsschnitt sind auch die Radien auf dem Querschnitt sehr zart. Die Lamellen scheinen wie aus radial gerichteten Stäbchen aufgebaut zu sein. Besonders treten die Ränder der Stäbchen an der Grenzfläche hervor und erscheinen daher die Grenzen der Lamellen durch Punktreihen bezeichnet (Taf. III, Fig. 22). Wenn im Längsschnitt eng und fein gestreifte, mit breit und grob gestreiften Zellen untermengt sind, lassen sich entsprechende Unterschiede auch am Querschnitt erkennen. Die breit und grob gestreiften Zellen zeigen im Querschnitt scharfe Radien; die Verdickungsschichten pflegen hier beim Quellen einseitig aufzureißen und die Abschnitte zwischen den radialen Streifen zahnartig auseinanderzuspreizen¹⁾. Die Verdickungsschichten strecken sich mehr oder weniger gerade und sehen wie Kämme aus mit einem schmalen Rücken, dem die Zähne entspringen. So differenzierte Verdickungsschichten färben sich mit Schwefelsäure mehr in braunen Tönen, diejenigen ohne radiale Streifung mehr gelb. Zwischen beiden Extremen liegen alle Uebergänge. Man findet somit: Zellen mit rein concentrischer Streifung; Zellen mit concentrischer und feiner, enger, radialer Streifung; Zellen mit weniger scharfer concentrischer, schärferer, weniger dichter radialer Streifung; endlich Zellen mit kaum sichtbar zu machender concentrischer Streifung und scharfen, relativ weit von einander entfernten Radien.

Auch bei Behandlung der Längsschnitte mit Schwefelsäure kann man feststellen, dass sich bei fehlender oder bei sehr feiner und enger Streifung die Wand nicht in Bänder zerlegen lässt, wohl aber leicht bei grober, breiter Ausbildung der Schraubenbänder. Die Bedingungen für eine solche Spaltung sind schon in der mit Mikrosomen beladenen Plasmaschicht gegeben, die wir häufig genug in unseren Alcoholpräparaten parallel den Mikrosomenreihen in Bänder zerlegt fanden.

Eine Zerlegung des Grenzhäutchens in einzelne Lamellen oder Stäbchenreihen gelang auch dort nicht, wo dieses Grenz-

¹⁾ Vergl. auch die Bilder bei Naegeli, Stzbr. d. bair. Akad., 9. Juli 1864, Taf. II, Fig. 27.

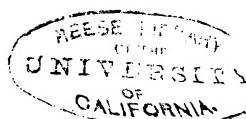
häutchen bedeutende Dicke besass. Die chemische Veränderung, die das Grenzhäutchen erfuhr, verhindert an demselben diese Reaction.

Bei andauernder Einwirkung der Schwefelsäure lösen sich die secundären Verdickungsschichten auf, während deren Zeichnung gleichzeitig schwindet. Die gelösten Massen nehmen alsbald ein grumöses Aussehen an. Dahingegen verrathen die Tüpfelhofwandungen denselben Charakter wie die Mittellamellen der primären Wände: sie bleiben meist vollständig in dem Netzwerk erhalten und färben sich wie dieses braungelb. Die Bilder 20 und 21 zeigen dies sehr schön, sie wurden nach Präparaten gewonnen, an denen die Quellung nicht lange andauerte.

Das Holz mit sogenannter differenzirter Verdickung, das man an der unteren Astseite der Coniferen findet¹⁾, habe ich bei der Kiefer sowohl als auch bei der Fichte untersucht. Bei letzterer ist es bekanntlich besonders schön entwickelt. In beiden Fällen zeichnen sich solche Zellen schon für das blosse Auge durch ihre rothe Färbung aus. Sie schliessen durchaus an die bereits geschilderten Zellen mit dicken Schraubenbändern an. Doch folgt hier auf die primäre Wand zuvor eine Verdickungsschicht, die vornehmlich die Ecken der Zellen ausfüllt²⁾ und stärker oder schwächer entwickelt ist. Diese Verdickungsschicht ist concentrisch geschichtet ohne radiale Streifung; auf sie folgt erst die radial differenzirte, relativ starke Schicht. Die Ausfüllung der Ecken durch die vorausgehende Schicht hat eine Abrundung der letzten an ihrer Aussenseite zur Folge. Einzelne Jahresringe können in der „Differenzirung“ übersprungen werden, ohne deshalb schwächer verdickt zu sein. Bei Quellung in Schwefelsäure löst sich die radial gebaute Schicht glatt von der concentrischen ab. Ebenso kann übrigens auch in nicht „differenzirten“ Zellen die ganze radial, oder auch concentrisch gebaute Verdickungsschicht sich von den primären Wänden lösen. In der braunen Färbung durch Schwefelsäure stimmen die breit schraubenförmig gebauten Schichten mit dem Grenzhäutchen der concentrisch gebauten überein.

¹⁾ Sanio, Bot. Zeitung, 1860, p. 203. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. IX, p. 70. Dippel, Flora, 1874, p. 270.

²⁾ Sanio, Jahrb. f. wiss. Bot. IX, p. 70.



In den Holzzellen einer Fichte (Fig. 29, Taf. III) konnte ich endlich auch noch eine andere Art der Wandverdickung beobachten. Es waren das in das Lumen vorspringende Ringe und Bänder. Ein relativ dickes Grenzhäutchen überzog dieselben. Die Ringe standen horizontal oder waren etwas geneigt; die Bänder schwach aufsteigend, während die Tüpfelpalten derselben Zelle viel steiler, oft selbst in entgegengesetzter Richtung verliefen. Die Neigung der Tüpfelpalten war entschieden durch eine innere, feine schraubenförmige, doch nicht sichtbar zu machende Structur der Zellwand bestimmt.

Wie Sanio zuerst nachgewiesen hat¹⁾, wird auch in alten Zellen die Schliesshaut der Tüpfel nicht resorbirt. Dieselbe legt sich im Frühlingsholz der einen Seite der Tüpfelwandung an (Taf. III, Fig. 18, 24); im Herbstholz bleibt sie meist central. In Fig. 19 wurde die Schliesshaut durch das Messer herausgezogen, man sieht hier, wie zart der unverdickte Theil derselben ist.

An älteren Tüpfeln, die man von der Fläche betrachtet, präsentirt sich der innere Rand als weisser Ring. Von diesem Rande gehen feine, in manchen Fällen sehr deutliche, radiale Streifen aus, die sich in dem äusseren Contour des Hofes verlieren²⁾.

Die Wand der Zellen büsst allmählich die Eigenschaft ein, sich mit Chlorzinkjodlösung violett zu färben und nimmt dann nur noch bräunlich-gelbe Töne an. Die Verholzung schreitet von aussen nach innen fort, doch gelingt am längsten die Violettfärbung der an das Grenzhäutchen anstossenden Lamellen³⁾, während das Grenzhäutchen selbst bereits verholzt ist. Dasselbe färbt sich in demselben Ton wie die primären Wände⁴⁾. Eine Blaufärbung der ganzen Verdickungsschicht gelingt auch in ganz altem Holze, wenn man auf die Behandlung mit Chlorzinkjodlösung diejenige mit Schwefelsäure folgen lässt.

Die Entwicklungsgeschichte der Siebtüpfel im Phloëm der Coniferen zeigt Aehnlichkeit mit der Entwicklung der Hof-

1) l. c. p. 84.

2) Naegeli l. c. p. 141.

3) Dippel, Abh. d. Senckenb. Gesell., Bd. X, Taf. IV, Fig. 31.

4) Dippel, ebendas. p. 196. Sanio, Bot. Zeitung, 1860, p. 202, und Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. IX, p. 68.

tüpfel. Auf diese Aehnlichkeit hat Janczewski bereits in seinen werthvollen Untersuchungen über Siebröhren hingewiesen¹⁾, und Russow²⁾ nunmehr gezeigt, dass die Primordialtüpfel sich durch das Cambium hindurch von den Hoftüpfeln bis in die Siebtüpfel verfolgen lassen. Es sind also thatsächlich dieselben Primordialtüpfel, denen auf der einen Seite des Cambiums die Hofwandung aufgesetzt wird und die auf der anderen Seite des Cambiums siebförmig verdickt und durchbohrt werden. Ich selbst studirte die Entwicklungsgeschichte an Alcohol-Material und zwar vornehmlich nur an den im Juni eingelegten Stammtheilen.

Radiale Längsschnitte durch die Cambiumregion zeigen, dass die Primordialtüpfel sich wie auf der Holzseite zunächst vergrössern. Die Vergrösserung erfolgt schneller, ist aber nicht so bedeutend³⁾; außerdem behalten die Tüpfel im Allgemeinen ihre runde Form bei. Nicht alle Primordialtüpfel werden auch hier zur Bildung von Siebtüpfeln verwendet; viele derselben oblitteriren. An anderen Orten, so den geneigten Enden der Zellen, kommen neue hinzu. Hin und wieder dient ein Primordialtüpfel zur Bildung zweier Siebtüpfel, indem er durch einen stärkeren Membranstreifen halbiert wird. Während sich die Wände der jungen Bastzellen dunkelviolett färben, bleiben die Primordialtüpfel wie an der Holzseite ungefärbt.

Tangentiale Längsschnitte durch den Jungbast zeigen an den Zellwänden zunächst dieselben seichten Vertiefungen, die wir schon im Cambium antrafen, doch etwas erweitert. Die rasch eintretende secundäre Verdickung macht die Vertiefung prägnanter. Wo die Siebtüpfel sehr gedrängt stehen, springen die trennenden Membranstücke oft so bedeutend vor, dass man sich kaum des Eindrucks erwehren kann, die Membransubstanz sei aus dem sich erweiternden Tüpfel in die angrenzende Wandung verdrängt worden. Die Wandtheile zwischen den Siebplatten lassen im Inneren die primäre Wand und beiderseits die secundäre Verdickungsschicht, die mit einem Grenzhäutchen abschliesst, erkennen (Taf. IV, Fig 33). Die innere primäre Wand erscheint fast immer einfach; die radialen Cambium-

¹⁾ Abh. der Krakauer Akad. d. Wiss., Math., Naturw. Cl., Bd. VII, 1880, Sep.-Abdr. p. 11, 14. Vergl. auch de Bary, Anat. der Veget.-Org. etc., 1877, p. 188, dort auch die anderweitige Litteratur.

²⁾ l. c. p. 4 u. 5.

³⁾ So auch Russow l. c. p. 5.

wände haben somit beim Uebergang zum Phloëm die ähnliche Reduction erfahren, wie beim Uebergang zum Holz. Nur in den Zwickeln bleibt auch hier die innere Substanz der primären Wände erhalten und, wie Janczewski schon hervorhebt, auch an besonders angeschwollenen Stellen der Wand zwischen dicht aufeinander folgenden Siebplatten¹⁾. In der Schliesshaut des Primordialtūpfels werden hierauf glänzende Punkte sichtbar (Taf. IV, Fig. 35), sie bedeuten die in Quellung eintretenden Stellen. Zwischen diesen Stellen beginnt sich die Schliesshaut zu verdicken (Taf. IV, 36, 37, 38). Feine Poren führen zwischen den verdickten Stellen auf die gequollenen hin. Diese Kanäle sind mit körnigem Inhalte erfüllt, der sich mit Chlorzinkjodlösung gelbbraun färbt. Bei der Einwirkung dieses Reagens fliessen die Körnchen wohl auch, mehr oder weniger vollständig, zu einer stark lichtbrechenden Substanz zusammen. Am Eingang der Poren ist die Substanz angeammelt und bildet meist deutlich an jedem eine knopfförmige Anschwellung (Fig. 37, 38).

Auf dem nächsten Zustande sind die gequollenen Stellen der Schliesshaut resorbirt und die feinkörnige Substanz setzt sich von der einen Seite des Siebtūpfels bis zur anderen ohne Unterbrechung fort (Taf. IV, Fig. 40). Auch Russow²⁾ giebt an, dass in Profilansicht die Siebröhrenwand von Stäbchen durchsetzt erscheint, die an beiden Enden wie geknöpft aussehen. Russow ist durch Anwendung von Chlorzinkjod, auch von Anilinblau und Combination beider Reagentien zu der Ueberzeugung gelangt, dass diese geknöpften Stäbchen aus Callusmasse und nicht aus „Schleimsträngen“ bestehen, ungeachtet sie sehr ähnlich den von Wilhelm abgebildeten Verbindungssträngen sind. Bei mir reagirten die Stäbchen auf Eiweiss, doch muss ich annehmen, dass sie sich auf verschiedenen Entwicklungszuständen, je nach der Jahreszeit, verschieden verhalten. — Ansichten von oben zeigen auf jungen Primordialtūpfeln zunächst runde, feinkörnige, mit Jod, sowie Chlorzinkjod, sich gelb bis gelbbraun färbende Punkte, welche entsprechend dem, bei tangentialem Schnitten, Gesagten, in Chlorzinkjod zu stark lichtbrechenden Knötchen verschmelzen. Die verdickten

¹⁾ I. c. p. 12. Vergl. auch p. 15.

²⁾ Stzbr. d. Dorpat. Naturf. Gesell., 1881, p. 74.

Stellen der Schliesshaut färben sich mit Chlorzinkjod schwach hellviolet.

Die jungen Siebröhren führen einen zarten Wandbeleg aus Protoplasma, in diesem Mikrosomen und Spuren von Stärke. Ihr Zellkern ist gross, ellipsoidisch, inhaltsarm. Zu der Zeit beginnender Siebtüpfelbildung sammelt sich Protoplasma an den verdünnten Wandstellen an. Dies ist besonders deutlich zu constatiren, wenn der fixirte Plasmaschlauch von der Wand zurücktrat (Taf. IV, Fig. 31). Auch nach begonnener Verdickung der Schliesshaut bleibt diese Ansammlung bestehen. Ist die Schliesshaut durchbohrt, so schwindet der Zellkern der Siebröhren, indem er in Körnchen zerfällt. Seine Desorganisation schreitet einseitig fort, vorher erfolgt hin und wieder eine Fragmentation desselben. Der Plasmaschlauch bleibt noch längere Zeit lebendig. Dieses muss besonders hervorgehoben werden, da die Siebröhren jetzt eines der wenigen Beispiele sind, wo der Zellleib ohne Zellkern lebt. Dass dies wirklich der Fall, zeigt die Angabe von Russow¹⁾, dass in den Jungbastzellen der Kiefer bis zum Auftreten des Callus Protoplasmaströmung zu beobachten sei. So sah auch Emil Schmidt Protoplasmaströmung in kernlosen Siebröhren von Victoria regia.

Auf nächstfolgenden Entwicklungszuständen wird der Siebplatte einseitig oder beiderseits eine Callusplatte aufgesetzt (Taf. IV, Fig. 41, 42). Sie tritt als gallertartige Verdickungsschicht der verdickten Stellen der Schliesshaut auf. Russow²⁾ giebt an, er finde die Knöpfchen der Stäbchen in älteren Siebröhren zu einer Platte oder Schicht verschmolzen. Sicher ist, dass das angrenzende Plasma das Material zur Bildung der Callusplatte hergibt. Die Callusplatte hält, nach Russow, in charakteristischer Weise das Anilinblau fest. Präparate mit Anilinblau gefärbt, mit Wasser sorgfältig ausgewaschen und in Glycerin gelegt, zeigen sich farblos mit Ausnahme der Callusplatten, welche himmelblau sich zeichnen. Mit Chlorzinkjod-Jodkaliumlösung, ja selbst mit Jod und Schwefelsäure gelingt es, nach der Vorschrift von Russow³⁾, die Callusplatten roth-

¹⁾ Neue Dörp. Zeitung, 1881, Sep.-Abdr. p. 16.

²⁾ Stzbr. p. 74—75.

³⁾ Dörp. Zeitung, Sep.-Abdr. p. 23.

braun zu färben, gewöhnlich tritt aber diese Reaction nicht ein und die Callusplatten bleiben farblos. Ist der Callus einseitig angelegt, so pflegt er den Siebtüpfel in entgegengesetzter Richtung vorzudrängen. Wo die Siebplatten sehr nah an einander liegen, verschmelzen die Callusplatten oft mit einander (Taf. IV, Fig. 42). Die Callusplatte wird häufig von feinen radialen Linien durchsetzt, die auf die Poren des Siebtüpfels treffen. Ich halte dieselben für zarte Kanäle. Russow¹⁾ gibt freilich an, dass bei *Abies Pichta* die grossen Calluspolster, welche nicht selten über den ganzen Querschnitt der Siebröhren reichen, wie aus Nadeln zusammengesetzt seien, deren Enden an der Peripherie des Polsters deutlich hervorragen. Es könnte sich vielleicht um den Inhalt feiner Porenkanäle handeln. Weiterhin, wie es scheint, im nächsten Jahre nach der Anlage, verliert die Siebplatte ihren Callus und gleichzeitig die ganze Siebröhre ihren protoplasmatischen Inhalt²⁾: sie ist nunmehr todt. Die Siebporen schliessen sich (Fig. 43), bei Flächenansicht erscheinen sie als rosa Punkte. Die ausgedienten Siebröhren werden von den stark auswachsenden, stärkeführenden Zellen zerquetscht. In älteren Theilen des Bastes findet man sie bandartig zusammengedrückt³⁾, gedehnt und stellenweise in scheinbar einheitliche, geschichtete Membranstücke verwandelt. Solche alte, zerquetschte Siebröhren sind wiederholt als Hornbast bezeichnet worden.

Meine Schilderung der Entwicklung der Siebtüpfel bei *Pinus* weicht nur in wenigen Punkten von derjenigen Janczewski's ab. Janczewski lässt die in Flächenansicht des jungen Siebtüpfels mit Chlorzinkjod gelbbraun sich färbenden Warzen als walzenförmige Verdickungen der Schliesshaut auftreten⁴⁾. Wir haben gefunden, dass diese braunen Warzen aus der die Poren erfüllenden eiweißhaltigen Substanz bestehen. Der glänzende Punkt, den Janczewski innerhalb dieser Warzen sieht, ist aber die an der betreffenden Stelle gequollene Substanz der Schliesshaut, gegen welche die Plasmastränge gerichtet sind. Hierin stimmen meine Resultate für *Pinus* fast vollständig mit den

¹⁾ Stzbr. p. 70.

²⁾ Vergl. auch de Bary. Vgl. Anat. d. Vegetationsorgane 1877, p. 188, Janczewski l. c. p. 13, 21.

³⁾ Vergl. auch Janczewski l. c. p. 10, 13.

⁴⁾ l. c. p. 16, 17.

von Janczewski für Angiospermen gewonnenen überein. Bei Phragmites beispielsweise zeigen sich nach der letzten Veröffentlichung von Janczewski¹⁾ in der jungen Schliesshaut stark lichtbrechende Punkte, die alsbald stark zu quellen beginnen. Abweichend von Pinus werden diese Stellen nicht gleich resorbirt, quellen vielmehr so stark, dass sie schliesslich mit einander verschmelzen und als Callus die beiden Flächen des Siebtüpfels bedecken. Dieser Callus wird hierauf gelöst und nun durchsetzt das Plasma in Strängen den Tüpfel. Die Schliesshaut bleibt sehr dünn, entwickelt aber für den Winter durch gallertartige Verdickung ihrer Wandung einen Callus, welcher seiner Entstehung nach nunmehr dem Callus an den Siebtüpfeln von Pinus entspricht.

Die Siebplatten der Gefässkryptogamen sind nach Janczewski²⁾ nicht durchbrochen, ich vermuthe, dass deren Schliesshäute sich wie diejenigen gewöhnlicher Tüpfel verhalten werden. Bei manchen Pflanzen jener Abtheilung, so bei *Pteris aquilina*, waren in der Schliesshaut kleine Ringe zu unterscheiden, deren Inhalt mit Chlorzinkjod sich dunkelbraun färbe: somit gequollene Stellen. Ueber die Verbreitung der Calluspolster auch bei Gefässkryptogamen hat Russow³⁾ neuerdings interessante Mittheilungen gemacht.

Die Durchbrechung der Siebplatten bei Angiospermen darf wohl heute als allgemein verbreitet angenommen werden⁴⁾.

Die eine bis zwei (selten mehr) behöft getüpfelten Zellreihen, welche oben und unten den Markstrahl von *Pinus silvestris* abschliessen, sind im fertigen Zustande durch ihr sehr stark lichtbrechendes Grenzhäutchen ausgezeichnet. Auch während des Wachsthums zeigt die innere Membranfläche sich stets lichtbrechender als die äusseren Theile der Wand, doch nicht in so hohem Grade wie nach Schluss der Entwicklung. Mit Eintritt des fertigen Zustandes haben diese Zellen ihren

¹⁾ Kurki sitkowe, IV, Abh. d. Krakauer Akad., Bd. IX, 1881.
Vergl. auch Wilhelm, Beiträge zur Kenntniss des Siebröhrenapparates dicotyler Pflanzen, 1880.

²⁾ Abh. d. Krakauer Akad. d. Wiss., Math., Naturw. Cl., Bd. VIII, 1880, Sep.-Abdr., Zusammenstellung p. 23. Vergl. auch de Bary l. c. p. 189.

³⁾ Stzbr. p. 71.

⁴⁾ de Bary l. c. p. 179. Wilhelm l. c. p. 77. Janczewski l. c. IV, p. 23.

Plasmaschlauch eingebüsst und nun schwindet auch ihr Zellkern. Die Zellen werden leer und bleiben es auch in alle Zukunft. Der Zellkern schwindet zuletzt, erst wenn der Protoplasmaleib auf nur wenige zerstreute Körnchen reducirt erscheint, und man kann verfolgen, wie der Zellkern nun auch in einzelne Körner zerfällt. Man findet Zellen, in denen der Zellkern auf der einen Seite noch scharf contouirt, auf der anderen Seite bereits ohne bestimmte Abgrenzung ist. Die Wandbildung ist um diese Zeit fertig, und nicht anzunehmen, dass die Zellkernreste irgendwie zu deren Aufbau noch verwertet werden könnten. Die inneren Zellreihen des Markstrahls mit den grossen, elliptischen, flachen Tüpfeln behalten ihren Protoplasmaleib und Zellkern. Diese Zellen ausschliesslich fungiren im Markstrahl als Reservestoffbehälter. Man kann in denselben zwischen Stärkekörnern mit Methylgrün-Essigsäure stets den Zellkern ausfindig machen. In seiner Gestalt ist letzterer mehr oder weniger verändert, aber dicht mit Inhalt erfüllt. Der Protoplasmaleib der Zelle besteht aus einem zarten Wandbeleg und einem reich verzweigten inneren Netze, in dem die Stärkekörper liegen. Selbst in älterem Holze sind in allen stärkeführenden Zellen die geschilderten Verhältnisse zu finden, und ebenso auch in den stärkeführenden Zellen der Rinde. Russow¹⁾ fand in den Markstrahlzellen sehr lebhafte Protoplasmastromung und konnte sie siebzig Tracheiden weit vom Cambium noch verfolgen.

Die Holzzellen von *Taxus baccata* besitzen eine starke Verdickungsschicht von im Querschnitt concentrisch lamellöser Struktur und an ihrer Innenfläche einige weit gewundene Schraubenbänder. Mit der Bildung dieser zarten Schraubenbänder schliesst der Verdickungsvorgang ab. Die innersten Lamellen sind als Grenzhäutchen differenziert, die Schraubenbänder gehören ihrem chemischen Verhalten nach diesem Grenzhäutchen an. Das Grenzhäutchen ist stark cuticularisiert. Bei Behandlung mit Schwefelsäure bleibt es mit sammt seinen Schraubenbändern erhalten, während der äussere Schichttheil schwindet²⁾. Es nimmt fast dieselbe gelbbraune Färbung wie die Mittellamelle der primären Wände an. Das Grenzhäutchen setzt sich bis an den Rand des Tüpfelkanals fort.

¹⁾ Dörp. Zeitung, Sep.-Abdr. p. 17.

²⁾ So auch Hofmeister, Pflanzenzelle, p. 172.

Schon v. Mohl¹⁾ und Hofmeister²⁾ heben hervor, dass das Auftreten der Tüpfel unzweifelhaft demjenigen der schraubenlinigen Leisten vorausgehe.

Naegeli giebt an, nach Behandlung mit Schwefelsäure trete an der ziemlich dicht bleibenden innersten Schicht eine Streifung von 4 bis 6 gleichlaufenden Spiralstreifen auf. An denjenigen Stellen, wo zwischen den Spiralfasern sich Poren befinden, beobachte man aber häufig, während des Aufquellens, eine zarte Streifung, welche mit den schmalen Porenkanälen parallel laufe und sich mit den Spiralfasern kreuze³⁾. Man habe also, meint Naegeli, bei Taxus zweierlei Spiralstreifung zu unterscheiden, eine, die mit den Spiralfasern, und eine, die mit den Poren correspondirt. Die erstere dürfe nur den innersten, die zweite den übrigen Schichten angehören. In dem von mir untersuchten Taxus-Holze liess sich eine Streifung parallel den Spiralfasern im Grenzhäutchen nicht unterscheiden, wohl aber war oft eine Streifung in dem Aussentheile der Verdickungsschicht, parallel den schmalen Porenkanälen zu erkennen. Diese Streifen kreuzten sich für gewöhnlich nicht mit dem Schraubenbande, stiegen vielmehr in derselben Richtung, nur steiler, auf. Es kam vor, dass Streifen und Spiralband dieselbe Neigung hatten, aber auch, dass bei unveränderter Neigung der Streifen das Schraubenband durch horizontale Ringe vertreten war. Eine entgegengesetzte Neigung von Schraubenband und Streifen habe ich nur ganz selten beobachtet, doch mag das je nach dem Material verschieden sein.

Die Wandung des Tüpfelhofes zeigt bei Taxus oft deutlich radiale Streifen; solche Streifen sind auch bei Pinus und Picea beschrieben⁴⁾ und von mir auch schon erwähnt worden.

Das charakteristische „tertiäre“ Schraubenband von Taxus ist uns in ähnlicher Form, doch als Ausnahme, im Herbstholze der Fichte begegnet.

Den behöfsten Tüpfeln der weiten Gefässe von Clematis Vitalba kommt vielleicht dieselbe Entwicklungsgeschichte wie den Hoffüpfeln der Coniferen zu. Bei Behandlung mit Schwefel-

¹⁾ Bot. Zeitung, 1844, p. 325.

²⁾ Pflanzenzelle, p. 172.

³⁾ l. c. p. 132.

⁴⁾ Naegeli l. c. p. 141.

säure bleibt nämlich auch hier das cuticularisirte Grenzhäutchen des Tüpfelhofes mit sammt den Mittellamellen der primären Wände stehen und nimmt mit diesen gleiche Färbung an, während die secundären Verdickungsschichten sich auflösen. Die secundäre Verdickungsschicht schliesst hier wie in den Holzzellen von *Taxus* mit sehr zarten Schraubenbändern, respective mit einem zarten Netze ab.

In manchen Sklerenchymfasern ist bekanntlich ein doppeltes bis mehrfaches System von Streifen beobachtet und von Naegeli¹⁾ eingehend beschrieben worden. Dippel ist bemüht, diese Streifen auf wirkliche Schraubenbänder und nicht auf innere Differenzirungen in wasserreichere und wasserärmere Theile zurückzuführen²⁾. „Weder wasserentziehende Mittel“, giebt Dippel an, „noch Austrocknung vermögen die bei der Umhüllung mit Wasser beobachtete Streifung zu schwächen, oder verschwinden zu machen; im Gegentheil, diese tritt in Folge der Austrocknung schärfer hervor, indem der Unterschied in der Lichtbrechung zwischen hellen und dunklen Streifen vermehrt wird und zwar in dem Maasse, als das Lichtbrechungsvermögen von Wasser und Luft verschieden ist. Stärker lichtbrechende Mittel als Wasser vermindern die Sichtbarkeit der Streifung, sofern sie in den Hohlraum der Zelle eindringen können und lange bevor sie (was überhaupt sehr fraglich erscheint) das Organisations- resp. Imbibitionswasser verdrängt haben können, bringen hier also eine ganz andere Wirkung hervor, wie bei Dichtigkeitsunterschieden, insbesondere bei den dichten und weichen Schichtungslamellen. Durch die bekannten Quellungsmittel werden die dunklen Streifen nicht in der Weise beeinflusst, wie es bei den weichen, wasserreichen Schichtenlamellen der Fall ist, diese Streifen ändern bei der Quellung ihre Dimensionen nicht“³⁾.

In den dicken Sklerenchymfasern von *Vinca major* kann man sehr leicht die in jedem der beiden Verdickungsschichten entgegengesetzt laufenden Spiralstreifen verfolgen. Dippel giebt für *Vinca* nur ein einziges Streifensystem an⁴⁾, ich fand ein

¹⁾ Stzbr. d. kl. bair. Akad. d. Wiss., 9. Juli 1864, p. 144 ff.

²⁾ Abh. d. Senckenb. Gesell., Bd. XI, 1879, p. 154.

³⁾ l. c. p. 168.

⁴⁾ l. c. p. 158.

doppeltes, demjenigen entsprechend, das Dippel für Nerium Oleander schildert, ja in manchen Fällen ein dreifaches. Zur Beobachtung wählte ich diejenigen Sklerenchymfasern, welche aus der Bruchfläche eines Stengels frei hinausragen, wenn man denselben gewaltsam bricht. Sie wurden mit einer scharfen Scheere abgeschnitten oder mit der Pincette hinausgezogen und in Wasser untersucht. Im ausgewachsenen Zustande zeigen diese Bastfasern meist zwei Verdickungsschichten. Jede dieser Verdickungsschichten besteht aus zahlreichen Lammellen. Die innere Verdickungsschicht ist gewöhnlich schwächer als die äussere, kann aber auch die Dicke der äusseren erreichen. Die Streifung der inneren Schicht ist oft deutlicher. Wie Naegeli bereits angiebt, sind die äusseren Streifen meist links, die inneren rechts gewunden, doch kommt auch das Umgekehrte vor. Die Neigung beider zur Zellenaxe ist bei nahe die nämliche¹⁾.

In der Deutung der Streifung stimme ich mit Dippel überein und nehme wie er an, dass es sich hier um die Ausbildung von Schraubenbändern handelt, die einander bis zur Berührung genähert sind. Die dunkleren Linien, von welchen schon Dippel angiebt, dass sie bei der Quellung nicht dicker werden, sind die Contactflächen der Bänder.

Ausser den genannten beiden Verdickungsschichten habe ich in beiden Fällen (an einem Exemplar fast in jeder dickeren Bastfaser) auch noch eine dritte von ganz abweichendem Bau beobachtet. Den beiden äusseren an Dicke gleich, unterscheidet sie sich von denselben in der Art der Verdickung. Sie setzt scharf gegen die beiden äusseren Verdickungsschichten ab und ist öfters von denselben getrennt, so dass sie aus feinen Querschnitten der Bastfaser herausfallen kann. Diese Schicht zeigt sich im optischen Schnitt aus parallelen, senkrecht gegen die Zellenaxe gerichteten Stäbchen aufgebaut; in der Flächenansicht ist sie netzförmig. Die Maschen der Netze sind quer gestreckt und bilden so langgezogene Tüpfel, die fast unter 90° gegen die Längsaxe der Zelle gerichtet sind, oder nur schwach aufsteigen. In manchen Zellen markiren sich die queren Balken zwischen den Tüpfeln besonders stark, so dass man glaubt, eine quere Streifung zu sehen, in anderen Zellen tritt das feine Netz-

¹⁾ I. c. p. 150.

werk gleichmässig scharf hervor. Wird auf die Aussenfläche einer solchen Zelle eingestellt und der Tubus des Mikroskops nur langsam gesenkt, so treten nacheinander die beiden entgegengesetzt geneigten Streifensysteme, welche den beiden äusseren Verdickungsschichten angehören, auf, und dann folgt, meist nach kleiner Unterbrechung, die innere, netzförmige Verdickungsschicht. Gegen die verschmälerten Enden der Fasern hin kommt die innere Verdickungsschicht in Contact mit den äusseren Schichten, auch wenn sie von denselben in den breiteren Theilen der Zellen getrennt war.

Isolierte Bastfasern sind aus ihrer primären Hülle befreit und nur durch die Verdickungsschichten repräsentirt. Die etwas dichtere Hülle¹⁾, welche dieselben umgibt und die schon öfters ihrer grösseren Resistenzfähigkeit und geringeren Quellbarkeit wegen beschrieben wurde²⁾, ist nur eine Art äusseren Grenzhäutchens, das durch besondere Differenzirung der äussersten Lamelle der Verdickungsschichten entstand. Ähnlich den inneren Grenzhäutchen anderer Zellen färbt sich das äussere hier oft mit Jod und Schwefelsäure nur gelbbraun, während die übrigen Theile der Verdickungsschichten blau gefärbt erscheinen.

Die untersuchten Bastfasern der Chinariinden gaben mir, soweit die Spiralstreifung betreffend, dieselben Resultate wie Naegeli³⁾. Ausgenommen von der Uebereinstimmung war die von Naegeli behauptete Ausbildung zweier entgegengesetzt geneigter Streifensysteme und somit der Bildung rhombischer Maschen innerhalb einer und derselben Verdickungsschicht⁴⁾. Ich finde stets die verschiedenen Streifensysteme in verschiedener Tiefe, somit auf verschiedene Schichten (resp. Lamellen oder

¹⁾ Von Naegeli als äusserste Membranschicht (primäre Membran, Oberhäutchen) l. c. p. 153, von Cramer, Vierteljahrsschrift d. naturf. Gesell. in Zürich, 1857.

²⁾ Vergl. Naegeli l. c.

³⁾ l. c. p. 144 ff.

⁴⁾ So war es schon 1836 H. v. Mohl wahrscheinlich, dass das scheinbare sich Kreuzen der Linien daher röhre, dass dieselben in der einen Schicht der Zelle rechts, in der andern links gewunden sind (Erläut. und Verh. m. Ansicht von der Structur der Pflanzensubstanz, p. 23), Schacht (Anat. und Phys. d. Gew., Bd. I, p. 250) schreibt: die Wand fast aller verdickter Bastfasern ist durch das Abwechseln der Spiralrichtung in den verschiedenen Verdickungsschichten ausgezeichnet.

Lamellencomplexe) vertheilt. Wie Naegeli angiebt, „lassen sich selbst drei und vier Streifensysteme in verschiedenen Schichtencomplexen der gleichen Wand erkennen. Dabei scheint es aber, dass der Wechsel in der Wendung nur einmal eintritt und dass einerseits die verschiedenen Schichtencomplexe der äusseren, andererseits die der inneren Hälfte unter sich homodrom, nur durch einen ungleichen Neigungswinkel von einander abweichen.“ Mit der Richtung der Spiralstreifen fällt die Richtung der Porenkanäle zusammen; diese Porenkanäle sind zusammengedrückt und erscheinen in der Flächenansicht der Zellwand als schwache Ellipsen. „Häufig,“ sagt dann Naegeli weiter, „sind sie aber nur in der inneren Hälfte der Zellwand deutlich und folgen dann meist einer südöstlichen (linkswendigen), zuweilen aber auch einer südwestlichen Spirale. Wenn die Porenkanäle auch in der äusseren Partie der Membran gesehen werden, so haben sie hier die entgegengesetzte Neigung. An besonders günstigen Objecten kann man bei vorsichtiger und langsamer Veränderung des Focus die verschiedenen Lagen des Porenkanals allmälig in einander übergehen sehen.“ Naegeli beschreibt bei denselben Bastfasern auch geneigte Ringe, welche es ermöglichen sollen, die Wand der betreffenden Elementargebilde in zur Zellenaxe mehr oder weniger geneigte Ringe aufzulösen¹⁾. Ich hatte nicht Gelegenheit, dieselben zu sehen.

Die bekannte Streifung der Markzellen in *Dahlia* knollen führt von schwachen Schraubenbändern her, die je zwei benachbarten Zellen zugehören. Die primären Wände werden hier unmittelbar durch diese schwachen Bänder verstärkt und glaubt man daher bei Flächenschnitten gleichzeitig und in gleicher Fläche die entgegengesetzt gerichteten Streifen der beiden Zellen zu sehen.

Bei *Spirogyra majuscula* kann man in dem Rande stark verdickter Querwände relativ leicht eine zur Längsaxe der Zelle parallele Streifung erkennen. Wird eine solche Querwand durch Zerquetschen der angrenzenden Zellen in horizontale Lage gebracht, so präsentiert sich die Streifung in Gestalt radial gerichteter Linien. Diese Linien erreichen einerseits die Cuticula, werden andererseits unsichtbar dort, wo die Verdickung des Randes an der Querwand aufhört. Wir haben es hier also mit La-

¹⁾ I. c. p. 146.

mellen zu thun, welche in radialer Anordnung den verdickten Rand der Querwand aufbauen. Besonders schön sieht man dieselben an den abgeworfenen Mittelstücken der Querwände, wie solche zwischen den sich trennenden Zellen liegen bleiben¹⁾. Doch auch an dem unversehrten Faden treten sie sehr deutlich auf, wenn man denselben der Wirkung der Loew und Bokorny'schen alkalischen Silberlösung²⁾ aussetzt. Fäden, die einen halben Tag lang in dieser Lösung gelegen haben, zeigen nicht nur geschwärztes Protoplasma, sondern auch mässig gequollene Wände. In dem Rande dickerer Querwände treten nun die longitudinalen Streifen scharf hervor und es gelingt jetzt, sie auch weiterhin in den Seitenwänden zu verfolgen. Es zeigt sich, dass diese Differenzirung in Längsstreifen der ganzen Membran eigen ist, in den Seitenwänden aber sehr zart, in den verdickten Rändern der Querwände viel derber. Hier sieht man zwischen den Streifen hin und wieder sogar in Längsreihen angeordnete, durch Silber geschwärzte, winzige Körnchen liegen. Die Längsstreifen der Seitenwände werden auch in verdünnter Jodtinctur deutlich. An den Silberpräparaten bemerkt man in den Rändern stärkerer Querwände ausserdem noch senkrecht die Schichten durchsetzende Linien. Da die Schichten hier im Bogen auf die Querwand übergehen, müssen die Linien schräg nach aussen gerichtet sein. Sie scheinen auch den Seitenwänden nicht zu fehlen, sind aber nicht mit voller Sicherheit hier nachzuweisen. Am Rande der Querwand kommt man zu der wahrscheinlichen Ansicht, dass diese senkrecht die Schichten durchsetzenden Linien feine Poren sind, die in der Contactfläche der Längsstreifen liegen, etwa wie die Tüpfelkanäle der Kiefer zwischen den Windungen der die Streifen veranlassenden Ränder. Die feinen Poren scheinen eine gleichmässige Vertheilung zu besitzen und man glaubt daher in manchen Fällen, indem man sich dieselben zu Linien ergänzt, Streifen zu sehen, welche in der Fläche der Wand rechtwinklig die Längsstreifen durchsetzen.

An den Seitenwänden von Spirogyra möchte ich jetzt nur zwei Schichten unterscheiden: eine Cuticula und eine Innenschicht. Die Cuticula bei Spirogyra orthospira Naeg.

¹⁾ Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 57.

²⁾ Die chemische Ursache des Lebens, 1881, p. 40.

ist in die bekannte Schleimschicht von durchschnittlich 0,0066 mm Dicke verwandelt, in der man senkrechte Streifen erkennt, die bei Jodzusatz als bräunliche Stäbchen hervortreten¹⁾. Bei Spirogyra majuscula ist die Cuticula von relativ geringerer Dicke. Die Innenschicht ist in beiden Arten ziemlich gleich mächtig, 0,0016 mm stark. Die Grenze zwischen Cuticula und Innenschicht zeichnet sich als dunkle Linie. Ein Grenzhäutchen ist an der Innenschicht nicht zu unterscheiden, diese unversehrte Innenschicht auch tatsächlich zu dünn hierzu. Nach Quellung in der Silberlösung tritt hingegen häufig ein Grenzhäutchen hervor. Die Stäbchen der Schleimschicht bei Spirogyra orthospira sind, wie ich jetzt angeben kann, Stäbchenbakterien, welche senkrecht die Schleimschicht durchsetzen. Sie vermehren sich hier durch Zellteilung und die scheitelständigen Glieder werden abgeworfen, in dem Maasse als sie zur Schleimschicht hervortreten. Das so erhaltene Resultat hatte mir mein College Schmitz auf Grund anderweitiger Erfahrungen vorausgesagt.

Ueber eine dieser wohl ähnlichen Erscheinung berichtet Leitgeb²⁾ bei *Coelosphaerium Naegelianum*. Es ist das eine von Unger schon als Haarüberzug beschriebene Streifung, die nach Leitgeb der gemeinsamen Gallerthülle der Familie zukommt. Diese radialen Streifen sehen wie Wimpern aus; Färbung mit Fuchsin lehrt, dass sie innerhalb einer homogenen Gallerte liegen.

Verschiedene Süßwasser-Cladophoren, die ich untersuchte, zeigten an älteren, namentlich an abgestorbenen Zellen sehr schöne Schichtung, außerdem longitudinale und transversale Streifung. In ganz alten, abgestorbenen Zellen konnte ich zwanzig und mehr Verdickungsschichten zählen, die durch Quellung auseinandergerückt, besonders deutlich sich zeichneten. In diesen Zellen war auch die longitudinale Streifung sehr scharf und auch quere Streifung, doch meist nur schwach zu sehen. Quellungsbilder lehren, dass die sich kreuzenden Streifen nie einer und derselben Schicht angehören. Deutliche Querstreifen fand ich stets auch nur in relativ inneren

¹⁾ Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 50, dort auch die Literatur.

²⁾ Mitth. des naturwiss. Ver. f. Steiermark, Bd. II, Heft 1, 1869, Sep.-Abdr. p. 3 ff.

Schichten und ich möchte annehmen, dass dieselben in weiter nach aussen gelegenen Schichten durch Streckung unkenntlich werden.

Die Epidermis der Blätter von *Hyacinthus orientalis* zeigt mir, von oben betrachtet (Taf. II, Fig. 34), feine parallele Längsstreifen, welche der Cuticula angehören und ohne Unterbrechung über die Zellen in der Längsrichtung des Blattes fortfahren¹⁾). Außerdem treten, bei etwas tieferer Einstellung, kürzere Querstreifen hervor, welche jeder einzelnen Zelle zugehören und rechtwinklig, oder fast rechtwinklig, gegen die vorhergehenden gerichtet sind. Die Epidermiszellen sind in der Richtung der Längsachsen der Blätter gestreckt, die kurzen Streifen somit auch rechtwinklig zur Längsaxe der Zellen orientirt. Meist sind sie einfach und zu einander fast parallel, doch einzelne gabeln sich auch einseitig und dem entsprechend weichen die nächsten von der Parallele ab. Ein Längsschnitt durch das Blatt zeigt die Epidermiszellen an ihre Aussenseite ziemlich ansehnlich verdickt. Diese Verdickungsschicht wird an der Oberfläche durch die zarte Cuticula, an der Innenseite durch ein sehr schön entwickeltes, scharf abgesetztes Grenzhäutchen gedeckt (Fig. 35, Taf. II). Die Seitenwände der Epidermiszellen keilen sich nach Innen rasch aus. Die Verdickungsschicht der Aussenseite wird von feinen Linien durchsetzt, die annähernd senkrecht gegen die Aussenfläche des Blattes gerichtet sind, ohne dieselbe vollständig zu erreichen. Diese Linien hören an den Stellen auf, wo die Verdickungsschicht in die Seitenwände einbiegt, fehlen somit über den Seitenwänden. Sie entsprechen den feinen Querlinien der Flächenansicht. Das Grenzhäutchen hat welligen Verlauf und zwar springt es zwischen je zwei Linien vor. Ein Querschnitt, rechtwinklig zur Längsaxe des Blattes, zeigt nichts von den Linien, doch treten dieselben hintereinander überall da hervor, wo der Schnitt nicht ganz senkrecht ausgefallen ist.

Wir haben es hier also, in einem Worte, mit queren Balken, richtiger mit den Ring- oder Schraubenband-Stücken eines Verdickungssystems zu thun, das nur an der Aussenwand der Zellen ausgebildet wurde. Die Balken sind einander

¹⁾ Naegeli, Ueber den innern Bau der vegetabilischen Zellmembranen. Stzbr. d. k. bair. Akad. d. Wiss., 1864, p. 321. Mikroskop, II. Aufl., p. 534.

bis zur vollen Berührung genähert und die feinen Linien zeigen nur die Contactflächen an.

Der Fall ist relativ einfach, leicht zu eruiren und daher instructiv. Es ist ohne weiteres hier auch festzustellen, dass das Grenzhäutchen über die sich berührenden Balken läuft, ohne sich zwischen dieselben einzusenken. Die Balken entwickeln somit ein Grenzhäutchen nur an der freien Innenfläche, mit der sie an den Zellinhalt stossen, nicht an den Seitenflächen, mit denen sie sich gegenseitig berühren. Eine lamellose Structur der so differenzirten Verdickungsschicht war nur selten und dann nur unvollkommen zu sehen.

Die Zellen des Fruchtfleisches von *Hymenaea Courbaril* verschiedenen Früchten entnommen, zeigte stets eine longitudinale Streifung. Letzteres tritt deutlich hervor, wenn die betreffenden Zellen mit Jod in Jodkalium behandelt oder auch entsprechend, etwa mit Methylgrün, tingirt werden. Mit Jodjodkalium färben sich die Zellen zum Theil gelb, zum Theil schmutzig blau. Da die Zellen sich bei der Präparation von einander trennen, so ist die Beobachtung leicht. Die Streifen sind relativ breit, laufen annähernd parallel zur Längsaxe der Zellen, doch mit manchen Unregelmässigkeiten, anastomosiren oft auch an ihren Enden. Getrennt werden die Streifen durch einfache Porenreihen. Diese Poren sind als feine Linien im optischen Durchschnitt der Membran zu sehen. Zwischen den Poren springt die Membran etwas nach innen vor. In manchen Fällen, namentlich bei geneigter Lage der Wand, glaubt man auch andere die Längsstreifen schneidende Liniensysteme zu sehen¹⁾. Hervorgerufen wird diese Erscheinung durch ähnliche Ursachen etwa wie an einer Pleurosigmashale. Thatsächlich repräsentirt die Wandung hier ein regelmässiges Netzwerk mit stark entwickelten Längswänden und den feinen Poren als Maschen.

Wichtige Einblicke in die feinere Structur der Zellwand gewähren uns bei ihrer Quellung die Epidermiszellen der Theilfrüchte mancher Labiaten. Um die Untersuchungen nach Wunsch anstellen zu können, muss man die Schnitte in absoluten

¹⁾ Vergl. Naegeli in Stzbr. d. k. bair. Akad. d. Wiss. math. phys. Cl., 7. Mai 1864, p. 319.

Alcohol legen und dann während der Beobachtung langsam Wasser zusetzen.

Die Epidermiszellen der reifen Merikarpien von *Salvia Horminum* L. haben gestreckt prismatische Form¹⁾. Von oben betrachtet erscheinen sie vorwiegend 5–7 eckig. Bei der Quellung wird die Cuticula gesprengt, die Verdickungsschichten der Zellen befreien sich von den primären Wänden und treten in Gestalt stumpf endender Hohlzylinder hervor. Diese Zylinder wachsen zu langen Schläuchen an und können das Vierzigfache ihrer ursprünglichen Länge erreichen, werden aber dabei nicht merklich dicker. Während der Quellung tritt eine Schichtung in den Wänden der Schläuche meist deutlich hervor und gleichzeitig wird eine feine Streifung derselben sichtbar. Die Streifung steigt nur wenig auf und führt von sehr flachen Schraubenlinien her. Die innerste Verdickungsschicht ist dichter und spaltet sich zu einem linksumlaufigen Schraubenbande, das im ersten Augenblick einfach, bei weiterer Quellung in zwei, oft vier, selbst mehr parallele Schraubenbänder zerlegt wird. Die Windungen dieser Schraubenbänder werden durch die Streckung des Schlauches immer mehr auseinandergezogen. Bei extremer Quellung schwindet die Schichtung und Streifung der äusseren Verdickungsschichten wieder. An halb gequollenen Schläuchen lässt sich hingegen die feine Streifung auch im-optischen Durchschnitt gut studiren. Die Streifen präsentieren sich in solcher Ansicht als feine, die Verdickungsschichten rechtwinklig durchschneidende Linien. An der Grenze zweier Schichten sind sie am besten zu sehen, ganz ebenso wie wir dies in gequollenen Holzzellen der Coniferen fanden. Es kann vorkommen, dass die Streifen überhaupt nur an den Grenzen der Schichten zu unterscheiden sind. Die Schärfe, mit der diese Streifen auftreten, variiert überhaupt von einem Exemplar zum andern. Dass es sich aber bei dieser Streifung um eine wirkliche Differenzierung in Schraubenbänder handelt, zeigen diejenigen Fälle, wo sich diese Streifen von einander trennen. Eine Abbildung von Naegeli²⁾ illustriert dieses Verhalten. Freilich nimmt

¹⁾ Hofmeister, Ber. d. sächs. Gesell. d. Wiss., 20. Febr. 1858, und Pflanzenzelle, p. 205; Naegeli, Stzbr. d. bair. Gesell. d. Wiss., 9. Juli 1864, p. 116.

²⁾ l. c. Taf. I, Fig. 1.

Naegeli an, dass es sich nicht nur bei diesen, sondern auch bei den inneren Schraubenbändern um das Zerreissen einer continuirlichen Lamelle handelt, welche spiraling differenzirt sei; die Trennung erfolge an weichen Streifen. Dass das innere Band sich nicht gleichmässig bei der Quellung abrollt, hängt, meiner Ansicht nach, mit kleinen Differenzen in der Adhäsionsgrösse der Windungen zusammen. Die Streifung und Schichtung der äusseren Membrantheile verschwindet, wie schon gesagt, bei fortgesetzter Quellung, weil nun die Bänder ineinanderflossen; ganz ebenso wie die Schichtung einer Holzzelle der Coniferen, oder eines Stärkekorns bei fortgesetzter Quellung unkenntlich wird. Ich halte somit hier die Streifung der äusseren Schichtung und um so mehr auch der inneren Schicht, nicht für Differenzirungen in weiche und dichte Streifen innerhalb continuirlicher Lamellen, vielmehr für eine wirkliche schraubenförmige Verdickung, gebildet aus einer grösseren Anzahl von Schraubenbändern, die seitlich adhäriren. Dass die als weich bezeichneten Streifen, in welchen die Trennung erfolgt, wirklich nur die Adhäsionsflächen sind, zeigt nicht nur die scharfe Trennung an diesen Stellen, sondern auch der Umstand, dass diese Linien während der Quellung durchaus nicht an Volumen zunehmen. So sind sie auch bei Anwendung von Chlorzinkjod als scharfe, dunkle Linien zwischen denjenigen Windungen des inneren Bandes gezeichnet, die in Contact geblieben sind. In Chlorzinkjod werden die quellenden äusseren Schichten unsichtbar, die Bänder der inneren Schicht färben sich violett.

Der Aufbau der Schichten aus Schraubenbändern scheint mir nach alledem für den vorliegenden Fall so klar vorzuliegen, dass ich denselben sogar benutzen möchte, um andere weniger günstige Fälle zu beleuchten. Dieser Aufbau aus Schraubenbändern kann aber, wie die äusseren Schichten unseres Objectes zeigten, selbst Streifungen allerfeinster Art veranlassen.

Im trocknen Zustande haben die Zellen eine scheinbar continuirliche¹⁾, stärker das Licht brechende, ziemlich dicke Innenschicht aufzuweisen²⁾. Diese Verhältnisse treten scharf und deutlich bei nur spurweisem Zusatz von Wasser auf. Die

¹⁾ Naegeli l. c. p. 116. Hofmeister, Pflanzenzelle, p. 206.

²⁾ Naegeli l. c. p. 117.

Innenschicht zeigt jetzt vorspringende Kanten und einspringende Flächen. Diese Kanten bleiben auch bei mässiger Quellung an dem inneren, sich aufrollenden Schraubenbande sichtbar. Dasselbe entspricht seiner Dicke nach der ganzen Innenschicht. In manchen Fällen lässt sich nachweisen, dass diese Innenschicht aus mehreren Lamellen besteht.

Hofmeister giebt die Existenz einer gallertartigen Membran innerhalb der inneren Schraubenbänder an¹⁾, Naegeli stellt eine solche in Abrede²⁾. Ich selbst war auch nicht in der Lage dieselbe aufzufinden, wohl aber sah ich hier in einzelnen Fällen eine zarte längsgestreifte Haut. Diese Haut quillt weder in Wasser noch in Chlorzinkjodlösung und erscheint gestreift wegen ihrer longitudinalen Falten. In Chlorzinkjodlösung nimmt sie, wenn überhaupt, gelbliche Färbung an. Sie geht aus dem Plasmachlauch der Zelle hervor und es haften ihr die Reste körnigen Protoplasmas noch an. Oft schrumpft sie mit diesem Plasma erst ein und ist nur in einem Theile der Zelle ausgebreitet. Für gewöhnlich besteht der Inhalt der Zelle aber nur aus einem braunen, körnigen Strange. Ein brauner, reducirter Zellkern ist innerhalb des Plasmarestes stets aufzufinden.

In den Schläuchen, die aus den Epidermiszellen der Theilfrüchte von *Dracocephalum moldavicum* bei Quellung hervortreten, sind die zahlreichen Schichten sehr leicht zu unterscheiden und auch die Streifung tritt oft deutlich hervor. Die zarten Streifen steigen linkswendig auf. Die innere Spirale fehlt. Die Zellen führen Stärke. Abgesehen von den fehlenden inneren Schraubenbändern stimmt hier der Bau somit mit *Salvia Horminum* im Wesentlichen überein.

In den Epidermiszellen der Blätter von *Hakea pectinata* durchsetzen feine Streifen den inneren, sich mit Chlorzinkjod gelbbraun färbenden, ziemlich scharf abgesetzten Schichtencomplex der Aussenwand. Diese Streifen halten sich an die Mitte der Aussenwand, in längeren Zellen bilden sie zwei excentrische Gruppen. Sie werden von v. Mohl³⁾ und Schacht⁴⁾ als Poren gedeutet, nach Naegeli⁵⁾ bilden sie hingegen ein be-

¹⁾ I. c. p. 28.

²⁾ I. c. p. 118.

³⁾ Vermischte Schriften, 1845, p. 264.

⁴⁾ Anat. und Phys., 1856, Bd. I, p. 272.

⁵⁾ Vergl. Anat. d. Vegetationsorgane, p. 83.

sonderes Streifensystem der Zellwand. In der Flächenansicht erscheinen sie als Complexe radial auseinanderstrahlender Linien. Diese Linien sind vorwiegend gerade, zum Theil verzweigt. Entsprechend den Bildern am Querschnitte, findet man auch in der Flächenansicht längerer Zellen zwei solche sternförmige Figuren. De Bary beschreibt ähnliche Bilder bei *Hakea cerasophylla* und *Baxteri*, als von Cellulose erfüllte Spalten, in denen die Cuticularisirung unterblieben ist. Ich möchte mich dieser Deutung auch für *Hakea pectinata* anschliessen und die geschilderten Linien für Durchschnitte von Streifen, in denen die Cuticularisirung unterblieben ist, erklären.

Für feine Poren muss ich jetzt die Streifen halten, welchen der sogenannte Fadenapparat an den Synergiden der Angiospermen seinen Namen verdankt. Diese Poren sind mit Protoplasma erfüllt und dieses färbt sich bei Behandlung mit Chlorzinkjodlösung gelbbraun, während der Körper des Fadenapparates, wenigstens am Scheitel, violette Färbung annimmt¹⁾. Beim Zerquetschen lösen sich manche Fadenapparate an ihrer Basis pinselförmig auf, indem Trennungen längst der Poren erfolgen und deren protoplasmatischer Inhalt an der Basis des Fadenapparates sich in zusammenhängenden Strahlen pinselartig ausbreitet. So bei *Santalum*, *Crocus*, *Gladiolus*, bei welchen der Fadenapparat auch nicht scharf gegen den Inhalt der Synergide abgegrenzt ist, vielmehr im optischen Durchschnitt streifenförmig in denselben eingreift. Diese unteren Theile des Fadenapparates lassen sich nicht violett färben, nehmen vielmehr einen bräunlichen Ton an. Bei *Torenia asiatica* hingegen ist beispielsweise die Kappe, welche jeder Synergide aufsitzt, sowohl während der Entwicklung als im fertigen Zustande gegen das anstossende Protoplasma scharf abgegrenzt und zeigt nur hin und wieder eine ganz schwache Streifung.

Quer- und Flächenschnitte durch Epidermiszellen der Blätter von *Dracaena Draco* untersuchte ich nur, um mir Rechenschaft darüber zu verschaffen, was Frommann als Fäden, Körnchen und Netze, die zum Theil mit dem Protoplasmanetze des Zellinnern zusammenhängen sollen, im Innern der Membranen be-

¹⁾ Vergl. Schacht, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. I, p. 194, 1858, Lehrbuch der Anat. u. Phys., Bd. II, p. 386, 1859. Strasburger, Befr. und Zellth., 1877, p. 39; Abbildungen, Taf. V, Fig. 13—24, Taf. IX, Fig. 12—20.

schrieben hat¹⁾). Zarte Querschnitte durch die Blätter lehren nun, dass die äusseren cuticularisirten Schichtentheile der Aussenwand von Epidermiszellen mit feiner unregelmässiger Zähnelung in die nicht cuticularisirten, inneren Membranschichten eingreifen. Es ist dies das nämliche Verhalten, welches neuerdings von de Bary als allgemein verbreitet geschildert wurde²⁾). Die feinen Vorsprünge präsentiren sich in Flächenansicht der Epidermiszellen als unregelmässige Körner oder kleine, gekrümmte, mannigfaltig in einander greifende Stäbchen. An die cuticularisirte Schicht grenzt nach innen die annähernd gleichmässig um die ganze Zelle laufende, nicht cuticularisirte.

Gegen die Ränder der Blätter hin, wo die Zellen stärker verdickt sind, setzt sich eine cuticularisirte Leiste in die Querwände fort, an anderen Orten hören die Cuticularaschichten über den Querwänden auf. Ist der Schnitt rechtwinklig zur Längsaxe des Blattes geführt worden, so erscheinen die Querwände alle relativ dick; ist es parallel zur Längsaxe geführt worden, so sieht man vorwiegend nur dünne Querwände. Die Ursache dieser Erscheinung lässt sich auf Flächenansichten leicht ermitteln, da constatirt man nämlich, dass die langgestreckten Epidermiszellen nachträglich durch viele secundäre, dünn gebliebene Querwände gefächert worden sind. Die Mittellamellen der stark verdickten Querwand erscheinen körnig, besonders auffällig dann, wenn sich die Cuticularaschichten der Aussenfläche in die Querwand fortsetzen. Das körnige Aussehen wird noch gehoben durch einzelne, der Mittellamelle anliegende, sehr kleine Krystalle von oxalsaurem Kalk. So gross und zahlreich, wie sie Pfitzer für *Dracaena reflexa* beschreibt und abbildet³⁾), sind sie hier aber nicht; fehlen, so viel ich sehen konnte (wenigstens in den von mir untersuchten Exemplaren), der Aussenwand vollständig. — Die Cuticula von *Dracaena Draco* zeigt ausserdem enge, mäandrisch sich windende Falten.

Die Entwicklungsgeschichte der Ringgefässe, Schraubengefässe und Netzgefässe habe ich vorwiegend bei *Bryonia dioica* verfolgt. Die Verdickungsleisten der Ring- und

¹⁾ Beobachtungen über Structur und Bewegungerscheinungen des Protoplasma der Pflanzenzellen, Jena 1880, p. 16.

²⁾ Anat. d. Vegetationsorgane, p. 83, Abbildung, Fig. 25, p. 82.

³⁾ Flora, 1872, p. 98 und Taf. III, Fig. 1—3.

Schraubengefässen treten als kleine rundliche Höcker an den primären Wänden der Zellen in die Erscheinung. Sie nehmen nun in ihrem ganzen Umfang zu, so dass sie gleichzeitig in die Höhe und in die Breite wachsen. Je nach der Gestalt, welche definitiv die Verdickungsleiste erhalten soll, wird das Breiten- oder das Höhenwachsthum überwiegen. Bleibt sich das Wachsthum in diesen Richtungen annähernd gleich, so decken neue Verdickungslamellen gleichmässig die ganze Anlage. In extremen Fällen, wie sie etwa die schmalen, stark vorspringenden Leisten der Ring- und Schraubenzellen am Gefäßbündel der Mamillarien bieten, wachsen die angelegten Verdickungsleisten nur noch an ihrem Innenrande, die aufeinander folgenden Lamellen keilen sich seitlich aus.

Sobald die Anlage der Leiste eine gewisse Höhe und Breite erreicht hat, erscheint ihre ganze freie Oberfläche deutlich lichtbrechender als ihr Inneres. Diese lichtbrechende Oberfläche, das Grenzhäutchen, wird von jeder späteren Lamelle gedeckt, von denen die innersten stets wieder das Grenzhäutchen bilden, während die gedeckten an Lichtstärke verlieren. Ist die Leiste fertig, so wird ihre an das Zellumen stossende Oberfläche dauernd die Eigenschaften der Grenzhäutchen behalten, ja diese werden hier noch gesteigert werden. Die Leisten der Ring- und Schraubengefässen pflegen, sobald sie eine gewisse Breite erreicht haben, nicht mehr an ihrer Ansatzstelle zu wachsen, so dass sie mit schmälerem Grunde der primären Wand aufsitzen.

Die weiten, netzförmig verdickten Gefässe von *Bryonia dioica* erhalten ihre charakteristische Verdickung erst in grosser Entfernung von dem fortwachsenden Sprossende; bei raschem Wachsthum oft erst 30 cm unterhalb desselben. Die Leisten werden hier stärker, vornehmlich breiter, als in den Ring- und Schraubengefässen; ihre Entwicklung ist dieselbe.

Die zwischen den vorspringenden Leisten der Gefässe liegenden Membrantheile werden bei grossem Abstande der Leisten nicht nachweisbar, bei geringerem Abstande der Leisten, also den später angelegten Gefässen, in geringem Maasse verdickt. Diese Verdickung ist leicht zu constatiren, wenn einzelne Leisten durch das Messer von der primären Wand losgelöst werden; dann sieht man nämlich, dass die Stelle, an der die Leiste befestigt war, dünner ist, als die benachbarten.

Namentlich auffallend war mir das in den eng gewundenen, weiteren Schraubengefässen von *Tradescantia zebrina*, doch konnte ich es auch anderswo leicht beobachten. Die Wandtheile zwischen den Verdickungsleisten entsprechen der Schliesshaut der Tüpfel der getüpfelt verdickten Zellen. Ob die Wandtheile zwischen den Verdickungsleisten porös sind, muss dahingestellt bleiben. Poren sind nicht zu sehen, doch vielleicht nur, weil sie sehr fein sind und weit auseinander liegen.

Schon im Jahre 1855 gab Crüger an¹⁾), dass den Verdickungen an der Zellwand gleich gerichtete, constante Wandströme aus Protoplasma entsprechen. Er studirte dieselben vornehmlich in der Hülle der Luftwurzeln der Orchideen und in Gefässen und bildete sie in charakteristischer Weise ab²⁾). Das Protoplasma wird verbraucht in dem Maasse, als die Wandverdickung fortschreitet, der Zellkern wird kleiner, schliesslich schwindet der ganze stickstoffhaltige Zellinhalt und die Zelle ist fertig.

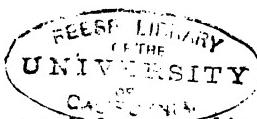
Dippel³⁾ beobachtete dasselbe 1867 und hebt auch hervor, dass der Protoplasmaschlauch beim ersten Sichtbarwerden spiraliger und netzförmiger Verdickungsleisten an der Zellwand auf's Deutlichste eine Zeichnung zeige, welche diesen Verdickungsleisten entspricht. Diese Zeichnung soll von zarten Protoplasmaströmchen gebildet werden und aus diesen, und zwar zunächst aus den schleimigen Kohlehydraten derselben, die secundären Verdickungsschichten hervorgehen. Schmitz⁴⁾ fand wie Crüger in den Zellen der Wurzelhülle von Orchideen Luftwurzeln, die in dem untersuchten Falle eine Membranverdickung in Gestalt zahlreicher, dicht gedrängter, sehr feiner Fasern aufwiesen, beim ersten Sichtbarwerden dieser Verdickungfasern, an dem etwas contrahirten und gefärbten Protoplasmaschlauch die äusserste Schicht ganz in derselben Weise gezeichnet wie die Membran selbst. Diese äusserste

1) Bot. Zeitung, 1855, Sp. 606.

2) l. c. Taf. VII.

3) Die Entstehung der wandständigen Protoplasmaströmchen in den Pflanzenzellen. Abh. d. naturf. Gesell. zu Halle, Bd. X, 1867, Sep.-Abdr. p. 12.

4) Stzbr. d. niederrh. Gesell. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 13. Juli 1880, Sep.-Abdr. p. 10.



Schicht bestand aus einer einfachen Lage paralleler, nur hier und da verzweigter, derberer Fibrillen, die mehr oder weniger zahlreiche Mikrosomen führten und theils homogen erschienen mit feingekörneter Oberfläche, theils etwas breiter waren und feinpunktirt. Die innere Schicht dieses ziemlich dünnen Protoplasmaschlauches war an einzelnen Stellen einfach feinpunktirt, an anderen Stellen deutlich netzförmig gezeichnet. Beide Schichten aber hatten sich, wie jüngere Stadien lehrten, aus einem gleichmässig feinpunktirten Protoplasmaschlauche, der nur hier und da netzige Zeichnung wahrnehmen liess, hervorgebildet. Etwas ältere Zellen zeigten dann die faserige Verdickung der Zellmembran vollständig ausgebildet, die parallel-faserige äussere Schicht des Protoplasmaschlauches aber war nun verschwunden (offenbar zur Verdickung der Membran verwendet) und nur die dünne innere, vielfach netzig gestaltete Schicht derselben, mitsammt dem eingelagerten Zellkern zurückgeblieben. Noch ältere Zellen liessen von dem Protoplasmaschlauche nur noch ganz vereinzelte Reste an der Innenfläche der Zellmembran fest anhaftend erkennen und nur der Zellkern war noch deutlich als flache Scheibe der Zellwand anliegend wahrzunehmen.

Ich selbst konnte in den untersuchten Gefässen von *Bryonia dioica* und *Impatiens glandulosa* die geschilderten Vorgänge ebenfalls verfolgen. Als Methode bewährte sich besonders die von Schmitz so empfohlene Fixirung mit Pikrinsäure und Färbung nach sorgfältigem Auswaschen in Wasser mit Haematoxylin. Die Präparate müssen vor dem Färben von jeder Spur Pikrinsäure befreit werden, zuletzt, um auch den schädlichen Einfluss der Kohlensäure auszuschliessen, in frisch ausgekochtem Wasser. Zur Färbung werden am besten Haematoxylin-Krystalle benutzt, die mit ein wenig Wasser übergossen und mit Ammoniak angehaucht werden, um Haematein-Ammoniak zu bilden¹⁾. Die Pikrinbehandlung lässt sich nur an Schnitten oder an nur wenig massigen Pflanzen und Pflanzenteilen, soweit diese nicht durch Cuticularschichten geschützt werden, in Anwendung bringen. Die Einwirkung muss längere Zeit, etwa 24 Stunden fort dauern. Die

¹⁾ Vergl. im Uebrigen Schmitz, Stzbr. d. niederrh. Gesell. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 13. Juli 1880, Sep.-Abdr. p. 2.

behandelten Theile sind mehr oder weniger macerirt, namentlich, wenn auf die Pikrinbehandlung ein längeres Liegen in Wasser folgte. Die Pikrinsäure wirkt somit, indem sie die Mittellamellen der Zellwände angreift, ähnlich wie die Chromsäure. Dieses ihr Verhalten kommt der Beobachtung oft sehr zu gute, indem es ermöglicht, durch leisen Druck die einzelnen Elemente von einander zu trennen.

Bei der Behandlung mit Pikrinsäure zieht sich zwar der Protoplasmaschlauch der Zellen nicht unbedeutend zusammen, doch die Mikrosomen behalten ihre relativen Lagen und treten, sich dunkler mit Haeinatoxylin färbend, deutlich hervor.

In Gefässzellen, deren Verdickung noch nicht begonnen hat, erscheinen, soweit ich ermitteln konnte, die Mikrosomen gleichmässig im Protoplasmaschlauche vertheilt. Kaum sind jedoch Spuren der Verdickung an der Wand sichtbar, so zeigen die Mikrosomen auch eine bestimmte Anordnung. Handelt es sich um schraubenförmig verdickte Gefässe, so bilden die Mikrosomen eine entsprechend fortlaufende, scharf gezeichnete Schraube am Plasmaschlauche. Bei sorgfältiger Untersuchung fällt es aber auf, dass die Zeichnung des Protoplasmaschlauches nicht den in der Verdickung begriffenen, sondern den dazwischen gelegenen Stellen der Wand entspricht (Taf. II, Fig. 37). Es ist dies besonders leicht zu constatiren, wenn man aus einem zerrissenen Gefäß durch Druck Theile des Inhaltes hervorpresst. Die Mikrosomenstreifen fallen mit den im optischen Durchschnitt sichtbar zu machenden Vorsprüngen des Plasmaschlauches zusammen; diese Vorsprünge liegen aber zwischen den Verdickungsbändern. Ich erkläre mir diese Vertheilung der Mikrosomen durch die Annahme, dass hier an den Orten starken Dickenwachsthums die Mikrosomen sehr rasch verbraucht werden. Das Material zu diesem Dickenwachsthum würde dann immer wieder aus den angrenzenden Mikrosomenstreifen geschöpft werden. Da in den Schraubengefässen die Zeichnung des Plasmaschlauches derjenigen der Zellwand entspricht und nur gegen dieselbe verschoben erscheint, so schien es mir wünschenswerth, die hier erhaltenen Resultate durch die Untersuchung netzförmig verdickter Gefässe noch zu stützen. Es zeigte sich, dass auch in letzteren vor Beginn der Verdickung der ganze Plasmaschlauch gleichmässig die Mikrosomen führt; nach begonnener Verdickung das durch

die Mikrosomen gewährte Bild den Maschen und nicht den Balken des Netzes entspricht.

In dem Maasse, als die Wandverdickung fortschreitet, schwindet der Plasmaschlauch und lässt sich schliesslich nicht mehr zur Contraction bringen. Man sieht aber noch an der Gefässwand zwischen den Verdickungsbändern deutlich die dunkel tingirten Mikrosomen liegen. Bis dass auch diese schwinden und, wie das Schmitz¹⁾ bereits richtig angegeben hat, nun auch, als letzter, der Zellkern verloren geht. In manchen Fällen fragmentirt er sich zuvor. Die Reihen der Gefässzellen zeigen sich an den Querwänden etwas eingeschnürt; das gilt auch, freilich nur in sehr geringem Maasse, für die langgestreckten, englumigen ersten Ring- und Schraubengefässe. Die Querwände quellen frühzeitig, sind aber an frischen Objecten nachzuweisen, während in der That gleichzeitig ein Hineinpressen des Inhalts aus einem Zelllumen in das andere bei den Pikrin-Präparaten ohne Weiteres gelingt. Eine vollständige Resorption der Substanz der Querwand erfolgt erst nach vollendeter Verdickung. Die Plasmakörper der Zellen verschmelzen nicht mit einander. An die Querwand beiderseits anschliessend, wird eine ringsförmige Verdickungsleiste angelegt und dieser Doppelring bleibt an der verengten Stelle nach Auflösung der Querwand stehen²⁾. Derselbe fehlt auch nicht in langgestreckten, englumigen Ring- und Schraubengefässen.

Der relative Reichthum an Mikrosomen in den untersuchten Gefässzellen und die gedrängte Anlage der Verdickungsleisten bringt es mit sich, dass sich dort die Zeichnung der Wand nicht zuvor an dem Protoplasmeschlauche markirt. Anders erwartete ich es in Zellen mit gleich bei der Anlage weit auseinandergerückten Verdickungsleisten. Hier wurde denn auch in der That Uebereinstimmung mit den Angaben von Crüger, Dippel und Schmitz, welche ich in keiner Weise anzweifeln möchte, erreicht. Ich wählte zur eingehenderen Untersuchung die mit Ringen resp. Schraubenbändern ver-

¹⁾ Stzbr. d. niederrh. Gesell. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 4. Aug. 1879, Sep.-Abdr. p. 26.

²⁾ Crüger, Bot. Zeitung, 1855, Sp. 611, erwähnt bereits, dass in den Gefässen an den Berührungsstellen zweier Schläuche ein dicker ringsförmiger Wulst gebildet werde.

sehenen Zellen der Sphagnum-Blätter. Das Object ist sehr günstig, insofern es alle Entwicklungszustände bei einander bietet, doch fixirt es sich nicht immer gut und giebt dann unbrauchbare Präparate. Die Ausbildung des Blattes schreitet von der Spitze gegen die Basis fort; hat man somit den richtigen Entwicklungszustand getroffen und ist die Präparation gelungen, so übersieht man gleichzeitig alle Stadien der Wandverdickung. — Der Plasmaschlauch ist dünn, nicht eben reich an Mikrosomen, mit einem feinkörnig erscheinenden, oft unregelmässig contourirten Zellkern. An den Stellen, an denen die Verdickungsleisten entstehen, verdickt sich der Plasmaschlauch und zeigt somit Ringe oder Bänder. Diese führen Mikrosomen; markiren sich übrigens am besten, als stark lichtbrechende Anschwellungen des Plasmaschlauches, im optischen Durchschnitt (Taf. II, Fig. 38. Flächen- und Durchschnittsansichten in dieser Figur zum Theil combinirt). An der Zellwand ist um die gleiche Zeit noch nichts von einer entsprechenden Verdickung zu sehen. Sie zeigt sich hierauf als sehr zarte und dünne Leiste. Die Plasmabänder werden also nicht etwa als Ganzes der Zellwand apponirt und in Cellulose übergeführt, vielmehr geben sie an ihrer Aussenseite schwache Lamellen ab, welche sich in Cellulose verwandeln. Man kann somit auf jeder Stufe der Wandverdickung den Plasmaschlauch zur Contraction bringen und sieht die Dicke der Verdickungsleisten zunehmen in dem Maasse als die Plasmabänder schwinden. Dabei kann es hier, wo man den ganzen Vorgang so gut übersieht, keinem Zweifel unterliegen, dass das Plasma bei Uebergang in Cellulose bedeutende Volumenzunahme erfährt. Die Verdickungsleisten der Wand sind bei weitem stärker wie die Plasmabänder (vgl. Taf. II, Fig. 38, die 730 Mal, mit Fig. 39, die 540 Mal vergrössert ist); eine etwaige Substanzzufuhr zu den Plasmabändern während der Ausbildung der Wandverdickung ist, dem Aussehen der Präparate nach, aber kaum anzunehmen. Während der Ausbildung der Verdickungsleisten wird auch die zwischenliegende Wand etwas verdickt. Haben die Verdickungsleisten ihre definitive Grösse annähernd erreicht und das Plasmaband zu ihrer Bildung verbraucht, so sieht man Mikrosomen nur noch seitlich an denselben liegen (Taf. II, Fig. 39). Hier sammeln sich die Reste der Mikrosomen aus dem Plasmaschlauche an, bis dass dieser

seine Selbstständigkeit aufgibt. Man findet ihn schliesslich nur noch in einzelnen Ueberresten, welche sicher nicht mehr zur Wandverdickung verwendet werden, vielmehr sich desorganisiren. Der Zellkern ist noch vorhanden und schwindet ganz zuletzt, indem er zuvor meist zu einem kleinen glänzenden Gebilde zusammenschrumpft. Die Stellen der Zellwand, die durchlöchert werden sollen, markiren sich kurz vor Vollendung der Verdickung. Durchbrochen werden sie erst während der Desorganisation des Plasmashlauches; der Zellkern überdauert noch eine Zeitlang deren Ausbildung.

Nach den Angaben von Crüger und Dippel soll das mikrosomenhaltige, an den Orten der Wandverdickung befindliche Plasma, sich in einer langsamem Strömung befinden. Diese Wandströme bleiben in constanter Lage, während gleichzeitig das Bild der inneren Strömungen sich nach Crüger¹⁾ fortgesetzt ändert. In etwas älteren Zellen der Orchideen-Luftwurzeln, schreibt Crüger, ist noch deutlich zu sehen, wie die Protoplasmaströme auf oder an den nun schon stärkeren Verdickungsleisten hingleiten; später wird die Bewegung träger und hört endlich auf, sich beobachten zu lassen. An den dicken Verdickungsleisten schien es Crüger mitunter, dass der Strom an der einen Seite auf- und an der anderen abstiege.

Ich selbst hatte zunächst Gelegenheit gehabt, ähnliche Erscheinungen während der Zellteilung von Spirogyra zur Zeit der Wandanlage zu beobachten.

Die Anlage der Querwand bei Spirogyra lässt sich ohne Weiteres mit der Anlage einer Ringleiste in einem Gefäss vergleichen. Die Querwand bei Spirogyra setzt ebenfalls als schmale Leiste an die Seitenwand der Zelle an; ihre inneren Ränder wachsen aber so lange, bis sie zusammentreffen²⁾. Die Mikrosomen, die zur Bildung der Wand dienen sollen, werden durch Plasmaströme herbeigeführt. Der Protoplasmashlauch verdickt sich an der betreffenden Stelle zu einem relativ breiten Bande und in der That sieht man die innerhalb dieses Bandes angesammelten Mikrosomen sich gegen einander verschieben. Diejenigen, welche zur Wandbildung unmittelbar verwerthet werden sollen, nehmen jedoch fixe Lagen ab, wobei

¹⁾ l. c. p. 607.

²⁾ Zellbildung und Zelltheilung, III. Aufl., 1880, p. 178.

sie, wie ich annehme, der Hautschicht eingelagert werden. In dem Augenblicke, wo der erste Ansatz der Scheidewand als zarter Strich an der Seitenwandung sichtbar wird, zeigt sich ein Theil der Mikrosomen in zwei parallele Reihen angeordnet. Diese Reihen, nur von einer Mikrosomen-Dicke, nehmen die inneren Kanten der werdenden Scheidewand ein. Diese Reihen zeigen sich ziemlich unbeweglich, während an entfernteren Stellen, in dem die Scheidewand umfassenden Plasmaringe, die Bewegungen der Mikrosomen fortduern.

Die Scheidewand von Spirogyra wächst sicher an ihrem inneren Rande durch Apposition. Hier allein taucht sie in den Mikrosomen führenden Plasmaring ein. Ein Wachsthum durch Apposition lässt sich auch leicht bei ihr vorstellen, während ein Wachsthum durch Intussusception, da sich die innere Oeffnung continuirlich verengt, ziemlich complicirte Verschiebungen der Theilchen in Richtungen der Radien verlangen würde.

Aus den Beobachtungen, die ich an lebenden, in der Verdickung begriffenen Zellen der Luftwurzelhülle mehrerer Orchideen angestellt habe, geht hervor, dass dort ganz ähnliche Verhältnisse wie bei der Scheidewandbildung von Spirogyra herrschen. Die Mikrosomen werden langsam an der Wand hin und her geführt, die der Wandverdickung entsprechenden Stellen markiren sich als Bänder, innerhalb dieser nehmen die zur unmittelbaren Verwendung kommenden Mikrosomen fixe Lagen ein. Die Beobachtung ist übrigens bei weitem nicht so leicht, als wie bei Spirogyra, und nur an besonders günstig gelegenen Zellen lässt sich einige Sicherheit erlangen.

An die Art der Scheidewandbildung von Spirogyra schliesst der Fall an, den Schmitz für *Torenia Fournieri* geschildert hat¹⁾. Die Zellen der Samenschale zeigen hier an zwei gegenüberliegenden Längsseiten je eine dicke längslaufende Verdickungsleiste. Der Protoplasmaschlauch wird nun zunächst etwas dicker an den betreffenden Stellen und füllt sich mit Mikrosomen an. Er wird allmälig zur Bildung der Verdickungsleisten verbraucht.

Nicht anders, als wie die Ringleisten in den Gefässen, entsteht auch der Ring in den zur Theilung schreitenden Zellen

¹⁾ Stzbr. d. niederrh. Gesell. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 6. Dec. 1880, Sep.-Abdr. p. 3.

von *Oedogonium*. Er erhebt sich als schwache Leiste, die weiter durch Auflagerung neuer Lamellen wächst. Die Ansatzstelle des Ringes wird nicht verdickt und bleibt somit so schmal, wie bei der Anlage. Jedenfalls durch Lösung einer Mittellamelle erhält der Ring an seiner Basis einen innern Spalt. Hier wird er sich später öffnen. Er ist in den dem Spalt zugekehrten Theilen dichter, als an der Seite des Zellumens. Aus dem dichteren Theile geht später die Cuticula, aus dem weniger dichten die innere Membranhälfte hervor.

In den Antheren von *Malva crispa* wird kurz vor der Reife die nächst unter der Epidermis liegende Zellschicht mit Verdickungsleisten versehen, die man bisher stets für Schraubenbänder erklärte. In der That sind es aber U-förmige Leisten, welche ihre offene Seite nach aussen, ihre geschlossene Seite nach innen kehren. An der Aussenseite der Zellen fehlt somit die leistenförmige Verdickung, an der Innenseite sind die U häufig mit einander am Grunde verschmolzen. Man findet auf demselben Querschnitte der Anthere Zellen mit und ohne Verdickungsbänder und alle Mittelstufen. Die Zeichnung der Wand an dem Plasmaschlange wiederzufinden, wollte mir trotzdem hier nicht gelingen. Der Protoplasmaschlange wird in der Bildung der Schraubenbänder nicht völlig verbracht, wenn er auch äusserst reducirt zurückbleibt; auch der Zellkern ist innerhalb der fertig verdickten Zellen noch wiederzufinden. Der beginnenden Verdickung der Zellen geht ein Schwinden ihres meisten Stärkevorraths und eine Vermehrung der Zellen in tangentialer Richtung voraus.

In der Antherenwandung von *Geranium sanguineum* habe ich hingegen wieder Gruppierungen der Mikrosomen gesehen, welche auf eine Uebereinstimmung mit der Wandverdickung hinwiesen. Die hypodermale Zellage der Antheren von *Geranium sanguineum* zeigt übrigens auch nicht Schraubenbänder, vielmehr nur leistenförmige Verdickungen der scheitelsichtigen und grundsichtigen Seitenwände. Diese Leisten schliessen hin und wieder auf der Aussenseite zu einem Ω zusammen.

Zunächst schwinden die Stärkekörner aus der hypodermalen Schicht; kurz vor Ausbildung der Leisten sieht man aber diesen gleich gerichtete Bänder im Protoplasmaschlange (Taf. II, Fig. 40). Auffallend erscheint bei *Geranium* die relativ starke

Entwicklung der Epidermis, ausserhalb der verdickten Schicht. Die Epidermis führt sogar Spaltöffnungen, unter welchen die verdickte Zellschicht jedoch nicht unterbrochen ist.

Bei *Allium fistulosum* zeigt die hypodermale Schicht der Anthere Schraubenbänder und es gelang, wenn auch mit Mühe, die entsprechende Anordnung der Mikrosomen am Plasmashlauch wiederzufinden (Taf. II, Fig. 41).

Nach vollendeter Verdickung behalten, wie es scheint, die hypodermalen Zellen der Antherenwandung in allen Fällen den Zellkern und einen sehr reducirten Plasmashlauch.

Wichtige Resultate hatte ich mir von der Untersuchung der Membranbildung und des Membranwachstums bei Pollenkörnern und Sporen versprochen und wurde thatsächlich in meinen Erwartungen nicht getäuscht. War es ja im Voraus anzunehmen, dass die complicirten Verhältnisse des Aufbaues hier zahlreiche Anhaltspunkte für die Deutung abgeben und zur Gewinnung allgemeinerer Gesichtspunkte verhelfen würden.

Ich wählte die zu untersuchenden Beispiele so, dass sie die Mannigfaltigkeit der möglichen Combinationen annähernd erschöpfen sollten.

Längs- und Querschnitte durch junge Antheren von *Malva crispa* zeigen, nach erfolgter Anlage der Pollenmutterzellen, letztere nach aussen von vier Zelllagen begrenzt (Taf. V, Fig. 1 und 2). Von diesen vier Zelllagen ist die äusserste die Epidermis, die drei inneren sammt den Pollenmutterzellen sind, wie dies Warming zuerst zeigte¹⁾, durch tangentiale und radiale Theilungen aus der äussersten hypodermalen Schicht hervorgegangen. Die Pollenmutterzellen erscheinen auf Querschnitten (Fig. 2) nur in der Einzahl, auf Längsschnitten konnte ich deren bis sechs zählen (Fig. 1)²⁾. Als bald nimmt die innerste Zelllage an Grösse zu; ihre Zellen füllen sich mit dichtem Protoplasma. Dieses Verhalten ist übrigens nicht an den Zellen der Aussenseite allein, vielmehr im ganzen Umfang der Pollenmutterzellen zu beobachten (Fig. 2); die anschwellenden Zellen sind die Tapetenzellen. Die Pollenmutterzellen führen alsbald, in

¹⁾ Bot. Abh., herausgeg. v. Hanstein 1875, Bd. II. p. 25.

²⁾ Vergl. auch die Fig. bei Warming l. c. Taf. 5.

gewohnter Weise, die Theilung aus und wir finden an deren Stelle die Tetraden. Die farblosen dicken Wände der Tetraden zeigen in der Umgrenzung der einzelnen Zellräume ein deutliches, stärker das Licht brechendes Grenzhäutchen. Der Protoplasmaleib der einzelnen Zellen zieht sich nun einseitig zusammen (Taf. V, Fig. 3). Jede Pollenkornanlage bekommt hierdurch die Gestalt eines Meniscus, der meist in den inneren Winkel der Specialmutterzelle zurückgezogen, seine concave Seite nach aussen kehrt. Die Art des Rückzugs, von der äusseren Wand der Tochterzelle hinweg, war an den Präparaten von Interesse. Es hatte sich nämlich der Protoplasmakörper in zahlreichen feinen Fäden, welche in ihrem Aussehen an Verbindungsfäden zwischen Schwesternkernen sich theilender Zellen erinnerten, ausgesponnen. Wenn, wie ausnahmsweise, der Meniscus nicht die innere Ecke, sondern frei die Mitte des Zellraumes einnahm, erschien er allseitig von feinen, ihn mit der Wand verbindenden Fäden umgeben. In manchen Präparaten lagen an Stelle der Fäden unregelmässige Körner, während der Plasmaleib an seiner concaven Seite scharf abgegrenzt war (Taf. V, Fig. 4). Ich bin geneigt zum Mindesten diese letztere Erscheinung der Einwirkung des Alcohols zuzuschreiben; kann übrigens nicht unerwähnt lassen, dass ich in manchen Fällen, bei Anwendung wasserentziehender Mittel, auch den beschriebenen ganz ähnlichen Fadenbildungen an sich zurückziehenden Plasmakörpern beobachtete.

Zu gleicher Zeit haben sich die Tapetenzellen bedeutend vergrössert (Taf. V, Fig. 3) und beginnen die nächste, nach aussen angrenzende Zellschicht zu zerquetschen. Die Epidermis und die an dieselbe grenzende Zellschicht füllen sich jetzt mit Stärke. Die Pollenkörner erhalten eine starke Haut, die sich an den Alcoholpräparaten hier und dort faltenartig von ihnen abhebt und daher in die Augen fällt. Die Wände der Tetrade werden jetzt gelöst und so die jungen Pollenkörner frei. Als Umwandlungsproduct der Tochterzellwände sind zwischen den Pollenzellen zahlreiche kleine Körnchen zu sehen. Dass sie wirklich aus den Wänden der Tetrade hervorgehen, zeigt die directe Beobachtung, indem diese Körnchen, bei beginnender Auflösung der Wände, sich häufig an der Peripherie der Tetrade, den corrodirten Stellen der Wand entsprechend, vorfinden. Noch sicherer als bei *Malva crispa* ist die Beobachtung bei *Althaea*

rosea, wo man die in ihrer äusseren Gestalt noch mehr oder weniger vollständig erhaltenen Wände der Tetrade durch Körnchen vertreten sieht (Taf. VI, Fig. 25). Diese Körnchen, die aus den Cellulosewänden hervorgegangen sind, färben sich aber mit Jod und Chlorzinkjod gelblich.

Die isolirten Pollenkörner bekommen eine doppeltcontourirte Wand (Taf. V, Fig. 5), die bei weiterer Dickenzunahme alsbald eine radialstreifige Differenzirung verräth. Diese Wand wollen wir als Aussenschicht bezeichnen. Sie nimmt mit Chlorzinkjod gelbbraune Färbung an, der Zellkern zeigt eine, der Gestalt der Zelle entsprechende Abflachung. Die Zelle vergrössert sich und rundet gleichzeitig ab, ihr protoplasmatischer Inhalt nimmt zu (Taf. V, Fig. 6, 7, 8). Als bald beginnt ein rasches, centripetales Dickenwachsthum der Wand und auch die centrifugale Bildung von Stacheln an deren Oberfläche.

Die entstehende Verdickungsschicht ist sehr quellbar und in Folge dessen findet man jetzt in den Präparaten den Protoplasmakörper bedeutend zurückgedrängt (Taf. V, Fig. 8 u. 9 a). Die „Verdickungsschicht“, wie ich sie kurz nennen will, setzt an die dünne Aussenschicht an, welche durch ihr stärkeres Lichtbrechungsvermögen und mangelnde Quellbarkeit ausgezeichnet bleibt. Die Stacheln erheben sich als kleine Kegel, welche von einer äussersten, durch ihren Lichtglanz besonders ausgezeichneten Lamelle der Aussenschicht überzogen sind. Es handelt sich hier eben um dieselbe Erscheinung wie an der Innenfläche fortwachsender Membranen; die stark das Licht brechende Abgrenzung ist ein Grenzhäutchen, das von den jedesmalig jüngsten Lamellen gebildet wird. Im Innern bestehen die Stacheln aus relativ schwach das Licht brechender, wenig dichter Substanz. Zwischen den Pollenzellen sieht man Plasmastränge mit zahlreichen Mikrosomen. Das Material zu letzteren scheinen die Wände der Tetraden geliefert zu haben; das Plasma stammt aber aus den Tapetenzellen. Zwar sind diese Tapetenzellen noch scharf nach dem Staubfache zu contourirt, doch hier bereits ohne Cellulosewände. Die Mikrosomen der Plasmastränge dienen zur Ernährung der Aussenfläche der Pollenwandung ganz so wie wir sie sonst an der Innenfläche wachsender Zellhäute in Verwendung fanden. Die Aussenfläche der Pollenwandung ist von kleinen Mikrosomen bedeckt, namentlich gedrängt findet man sie an der Oberfläche der Stacheln.

An Alcohol - Präparaten ist dies leicht zu sehen (Taf. V, Fig. 9 a, 9 b).

Die innere, gequollene Verdickungsschicht lässt alsbald deutlich Poren als dunklere Streifen erkennen (Taf. V, Fig. 9 b und c). Diese Poren münden an der Aussenschicht, in den Feldern zwischen den Stacheln. In der Bildung der inneren Verdickungsschicht erschöpft sich der protoplasmatische Inhalt des Pollenkorns und füllt dasselbe nicht mehr aus. Freilich hat das Pollenkorn inzwischen auch bedeutend an Grösse zugenommen. Chlorzinkjod färbt die Haut des Pollenkorns gelblich. Ist die Anlage der Verdickungsschicht vollendet, so beginnt sie einen bräunlichen Ton anzunehmen; ihre Quellungs-fähigkeit sinkt rasch. Gleichzeitig markirt sich schärfer die radiale Structur der Aussenschicht. Letztere besteht, wie jetzt deutlich zu sehen, aus einem äusseren continuirlichen und einem inneren durchbrochenen Schichttheil, der im optischen Durchschnitt aus Stäbchen aufgebaut erscheint. Diese Stäbchen sind, wie Flächenansichten lehren, die Durchschnitte der Balken eines unregelmässig maschigen Netzes. Der continuirliche äussere Schichttheil ist nachträglich, bei der Bildung der Stacheln, etwas verdickt worden. Durch Dehnung der ursprünglichen Anlage werden hingegen die Balken des Netzes auseinandergerückt und somit sichtbarer. Ueber den Stellen, wo die Poren der Verdickungsschicht münden, fehlt das Netz und läuft als zartes Häutchen nur der continuirliche Schichttheil.

Die angewachsenen Stacheln zeigen sich in ihrer ganzen Masse fast gleich stark lichtbrechend, relativ dicht. Mit Chlorzinkjodlösung färbt sich jetzt die Verdickungsschicht gelbbraun, während die Aussenschicht sammt Stacheln nur hellgelblich wird.

Innerhalb der einseitigen Plasmaansammlung im Pollenkorn geht jetzt der Zellkern in die Spindelbildung ein (Taf. V, Fig. 10). Diesem folgt alsbald der Theilungszustand (Fig. 11) und weiterhin sind zwei Zellkerne im Pollenkorn zu finden.

Auf diesem Entwicklungsstadium geben die Tapetenzellen ihre Selbständigkeit vollständig auf und ihr ganzes Plasma wandert zwischen die Pollenkörner ein (Taf. V, Fig. 12). Die Zellkerne dieser Tapetenzellen hatten sich zuvor schon durch Fragmentation vermehrt; die meisten derselben verbleiben in peripherischer Lage, einzelne gelangen auch zwischen die Pollenkörner. Letztere sind nun völlig von körnigem Plasma um-

geben, das wie ausgespannt auf den Stacheln der einzelnen Pollenkörner ruht (Taf. V, Fig. 12). Jetzt nimmt der Inhalt der Pollenkörner rasch wieder zu. Zunächst führt er noch Vacuolen, die nach und nach schwinden. Noch bevor letzteres geschehen ist, wird aus der Oberfläche des Plasmakörpers die „Intine“ gebildet. Sie besteht aus einer sehr stark quellenden Substanz, die vornehmlich unterhalb der Poren der früheren Haut, der „Exine“ entwickelt ist. Hier springt die Intine halbkugelförmig nach innen vor, ragt übrigens mit einer kleinen Papille auch in den Porus hinein (Fig. 13). Der gehärtete Plasmakörper zeigt den inneren Vorsprüngen der Exine entsprechende Vertiefungen; von der Fläche betrachtet erscheinen die Vertiefungen als Kreise (Taf. V, Fig. 14). Es gelingt leicht, aus dem gehärteten Pollenkorne den von der Intine umgebenen Inhalt herauszudrücken. Fig. 15 a zeigt die verdickten Stellen der Intine in schräger Ansicht, Fig. 15 b von oben, wobei sich der äussere in den Porus vorspringende Höcker als innerer hellerer Kreis markirt.

Jetzt wird in der an die Epidermis grenzenden Schicht das System der Schraubenbänder ausgebildet, oder richtiger U-förmiger Verdickungsleisten, denn es fehlt, wie schon früher angegeben wurde, die Fortsetzung der Schraubenbänder an der nach aussen gekehrten Zellwand. Die Epidermiszellen sind im Verhältniss zu der U-förmig verdickten Zellschicht von nur geringer Höhe. Fig. 16, Taf. V zeigt diese Verhältnisse, sowie das Aussehen des Staubfaches auf diesem Entwickelungsstadium.

In reifen Pollenfächern ist schliesslich alles die Pollenkörner umgebende Protoplasma zur Ernährung der Pollenkörner verbraucht worden.

Zarte Schnitte durch das fertige Pollenkorn geführt, zeigen die in Fig. 17 und 19 dargestellten Bilder¹⁾). Der gegebenen Entwicklungsgeschichte gemäss finden wir die Exine gebildet: aus der dünnen Aussenschicht und den Stacheln, der zarten Netzsicht und der relativ starken Verdickungsschicht. Die starke Verdickungsschicht lässt kaum einen lamellösen Bau erkennen. Mit Chlorzinkjodlösung färbt sich die Aussenschicht

¹⁾ Vergl. hierzu auch die Abbildungen von Schacht, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. II, 1860, Taf. XV, Fig. 14–18, Taf. XVIII, Fig. 23 und 24, und Sächs. Lehrbuch, IV. Aufl., p. 538, Fig. 381.

mit den Stacheln kaum, die Verdickungsschicht gelbbraun¹⁾. Ueber der äusseren Mündung der Poren ist die Aussenschicht ausserordentlich dünn und senkt sich in die Poren etwas ein. Die Intine quillt im reifen Pollenkorn nicht mehr und bildet nur ein dünnes Häutchen, das den Plasmakörper überzieht; bei Befreiung des letzteren hebt sie sich von den vertieften Stellen meist blasenförmig ab (Taf. V, 20 a); sie färbt sich mit Chlorzinkjodlösung blau, während der Inhalt des Pollenkorns gleichzeitig quillt und violett wird. Um das Bild zu vervollständigen, habe ich in Fig. 18 auch ein Stück Oberfläche des fertigen Pollenkornes dargestellt. Die Poren treten als kleine Kreise scharf hervor; die Punkte zwischen den Poren und Stacheln sind die feinen Maschen im Netz der Aussenschicht.

Die Schnitte durch die Pollenkörner habe ich nach bekannter Methode in erhärtetem Gummi ausgeführt. Wurde Alcohol-Material in dieser Weise verwerthet, so bekam man nicht nur Schnitte durch die Pollenhaut, sondern auch durch den Inhalt. In diesem war es nun leicht, vornehmlich nach vollzogener Tinction, die beiden Zellkerne des Pollenkorns wiederzufinden (Taf. V, Fig. 20 b). Der eine im Mittelpunkt des Kernes gelegene Kern zeichnet sich durch seine bedeutende Grösse dem anderen, excentrisch gelegenen, gegenüber aus. Der grosse Zellkern entstammt der grösseren, der kleine der kleineren Zelle, wie solche vorübergehend abgetrennt wurden. In den reifen Pollenkörnern schwinden beide Kerne; sie verlieren, wie das schon Fig. 21 zeigt, zunächst ihre glatten Contouren und gehen an ihrer Oberfläche in das Netz des benachbarten Zellplasma über; sie zeichnen sich noch durch besondere Lichtbrechung von demselben aus, bilden aber bald nur noch einen Fleck in der Plasmamasse (Taf. V, Fig. 22 a u. b) und sind schliesslich gar nicht mehr nachzuweisen. Man findet zumal im Pollenkorn ein gleichmässig körniges Plasma von ziemlich regelmässigem, netzförmigem Gefüge.

Ich habe diesem letzten Verhältniss eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet, weil es principielle Bedeutung für

¹⁾ Den Angaben von Schacht zufolge (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. II, p. 119) erscheint der innere Theil der Exine von *Lavatera trimestris* unter Wasser violett gefärbt, der äussere Theil mit den Stacheln farblos (Taf. XVIII, Fig. 23 und 24).

mich besitzt. In der That knüpfte sich an diese Beobachtung die Frage nach dem Verhalten der Zellkerne in den Pollenschläuchen der Angiospermen überhaupt. Es war weder mir, noch Elfving möglich gewesen, die Zellkerne in den Pollenschläuchen der Angiospermen bis an das Ei zu verfolgen, doch konnte immer noch angenommen werden, die Zellkerne seien dort nur irgendwie verdeckt gewesen. Auf die Frage, ob die Zellkerne als solche bis an das Ei herangeführt werden müssen, glaubte ich von Malven eine sichere Antwort erhalten zu müssen. Es treibt ja nämlich das Pollenkorn der Malven sehr viele Schläuche, und könnte eventuell derselben so viel bilden, als Poren in der Exine vorhanden sind. Ich hatte nun zu erwarten, falls Zellkerne als solche in die Pollenschläuche eintreten müssen, dass der Schlauchbildung eine entsprechende Vermehrung der Zellkerne vorausginge. Die Vermehrung findet nun tatsächlich nicht statt, vielmehr, wie wir gesehen haben, eine Vertheilung der Kernsubstanz in das umgebende Plasma. Eine solche Vertheilung ist somit zweifellos möglich und somit nicht ausgeschlossen, dass sie auch in der Pollenschlauchspitze der früher von uns beobachteten Angiospermen erfolge.

Um in jeder Weise sicher zu gehen, habe ich hier auch noch Pollenkörner während der Schlauchbildung untersucht und holte mir dieselben auf ihren natürlichen Standorten, nämlich bestäubten Narben. Diese wurden mit sammt den anhaftenden Pollenkörnern in absolutem Alcohol gehärtet und dann auf Schnitten, oder nach Zerquetschung, mit Zuhilfenahme färbender Mittel untersucht. Es waren in keinem Falle abgeleitete Zellkerne in den Pollenschläuchen nachzuweisen; hin und wieder nur noch die Reste der nicht vollkommen im Plasma zertheilten beiden Zellkerne. Das Pollenkorn treibt regelmässig seine Schläuche nur an derjenigen Seite, mit der es an der Narbe haftet (Taf. VI, Fig. 23). In dem Maasse als diese Schläuche länger werden, entleert sich das Pollenkorn und sinkt zusammen.

Auch die Pollenmutterzellen der *Geranium*-Arten gehören der fünften Zellschicht der Anthere an, ein Verhältniss, das, wie schon Warming hervorhebt¹⁾), sehr häufig, wenn auch nicht immer wiederkehrt. Nach Bildung der Tetraden sieht

¹⁾ Ueber Pollenbildende Phylome und Kanlome p. 25.

man die jungen Pollenzellen an ihrer Aussenseite concav werden und sich mit einer zarten Haut umkleiden. Diese Haut nimmt an Dicke zu und beginnt eine radiale Streifung zu zeigen, noch während das junge Pollenkorn in die Tetradewände eingeschlossen ist. Die Auflösung der Tetradewände folgt hierauf und wird sehr rasch vollzogen, so dass man in benachbarten Fächern noch gefesselte oder schon befreite Körner antreffen kann. Von der schon erwähnten Streifung werden drei elliptische Stellen der Haut ausgeschlossen, wie der Querschnitt in Fig. 27 für *Geranium cristatum* zeigt. Die so ausgesparten Stellen sind etwas lichtbrechender, sehen wie gequollen aus und wölben sich schwach nach innen vor. Sie cuticularisiren nicht, was die benachbarten Wände thun und unterscheiden sich somit in ihrer Reaction von denselben. Die Dicke der Haut nimmt zu durch Wachsthum auf der Innenseite; gleichzeitig vergrössert sich das ganze Pollenkorn, dessen Inhalt stetig abnimmt (Taf. VI, Fig. 28, 29). Die Wand zeigt sich jetzt deutlich aus breiteren, heller erscheinenden und schmäleren dunkler sich zeichnenden Streifen aufgebaut. Flächenansichten lehren, dass die hellen Streifen stäbchenförmig gestaltete Elemente sind, die mehr oder weniger vollständig an einander schliessend ein Netzwerk bilden, dessen Maschen dunkler erscheinen. In der oberen Hälfte der Stäbchen wird eine Lichtlinie sichtbar, die einer schwachen Einschnürung der Stäbchen ihre Entstehung verdankt (Fig. 29, 30). Die Stäbchen beginnen sich an ihrem oberen Ende etwas vorzuwölben. Die Wandverdickung schliesst mit einer Schicht ab, die sich als Grenzhäutchen präsentirt (Taf. VI, Fig. 30—32). Die fertige Exine besteht somit aus stäbchenförmigen Elementen, welche die Gestalt von Spielkegeln haben, sich an der Basis relativ stark verdünnen und hier im Grenzhäutchen inserirt sind. Die drei ovalen Stellen der Exine, an denen die geschilderte Differenzirung unterblieb, präsentiren sich zunächst so, wie dies Fig. 29 und 30 zeigt, wobei man die Fig. 30 als um 90° gegen Fig. 29 gedreht sich denken muss. In Fig. 29, Taf. VI sind, wie sich in der Abbildung angedeutet findet, zwei hinter einander liegende innere Vorsprünge an den betreffenden Stellen zu sehen; warum es aber zwei Vorsprünge sein müssen, erklärt Fig. 30, welche zeigt, dass diese Stelle der Exine in ihrer Mitte nach aussen, rechts und links von der Mitte aber nach

innen vorspringt. Diese nicht cuticularisierten, elliptischen Stellen erscheinen im Ganzen genommen als Vertiefungen in der Exine und stehen den stäbchenförmig differenzierten Stellen an Dicke nach. Sie setzen scheinbar nur das Grenzhäutchen fort und könnten ohne Kenntniss der Entwicklungsgeschichte die Vermuthung erwecken, als sei das Grenzhäutchen zunächst angelegt, die Stäbchen ihm von aussen aufgesetzt worden. Dass dem nicht so ist, haben wir gesehen, es zeigt dies schon Fig. 27, Taf. VI, welche lehrt, dass die nicht differenzierten Stellen der Exine zunächst auf gleicher Höhe mit den differenzierten sich befinden und erst später tiefer zu liegen kommen. Ist das Pollenkorn in seiner äussernen Gestaltung vollendet, so geben die Tapetenzellen ihre Selbstständigkeit auf und wandert ihr Plasma zwischen die Pollenzellen ein. Auch bei Geranium hatten sich die Tapetenzellen zuvor bedeutend vergrössert und die nächst äussere Zellenschicht¹⁾ der Antherenwandung, wenn auch hier relativ spät, zerquetscht. Das Einwandern der Tapetenzellen zwischen die Pollenkörner erfolgt hier auf verhältnissmässig vorgerücktem Entwicklungsstadium. Im Innern des Pollenkernes hat inzwischen eine transitorische Zelltheilung stattgefunden und der mit zwei Zellkernen versehene Inhalt beginnt zuzunehmen. Die drei elliptischen Stellen der Exine werden von dem wandständigen Plasma nach aussen gedrängt (Fig. 34, Taf. VI, *Geranium sanguineum*); hierauf quellen sie und drängen das Plasma wieder nach Innen zurück (Fig. 35 u. 36, Taf. VI, *Ger. sang.*). So werden die Austrittsstellen der Exine in gallertartige Papillen verwandelt. Im Innern der Gallerte beginnt aber eine Differenzirung, welche von dem ursprünglichen Lumen aus radial fortschreitet. Die Gallerte wird hierbei in Körnchen verwandelt, die bei optischer Einstellung des Durchschnittes fächerartig angeordnet erscheinen (Fig. 31, 37, 38, Taf. VI). Diese Körnchen färben sich zunächst mit Jod gelb, die innersten derselben später blau. Währenddem füllt sich das Pollenkorn mit Protoplasma an und sobald dies geschehen, wird im ganzen Umfang des Plasmakörpers die Intine gebildet, die unter den vorgewölbten Papillen sich

¹⁾ Diese Zellschicht sowie die nächst äussere (die Hypodermale) hatten sich zwar mit Stärke gefüllt. Die Hypodermale bildet später und zwar nach Schwund der Stärke seitliche Verdickungsleisten.

stärker entwickelt zeigt. Sie ist bei ihrer Anlage sehr quellungsfähig und daher leicht nachzuweisen. Sie wölbt sich alsbald gegen die Substanz der Papille vor und verdrängt dieselbe (Fig. 32, Taf. VI, Ger. *cristatum*). Der ganze innere Theil der Papille wird jetzt in Körner verwandelt, die unregelmässige Vertheilung zeigen. Die Papille ist auf ihrer Aussenseite von einer zarten Cuticula umgeben, die seitlich bis an die Stelle reicht, wo die Stäbchen anstossen. Die Grenze zwischen Intine und Exine wird auf späteren Entwicklungszuständen innerhalb der Ausstülpung vollständig verwischt. Bei Zusatz von Chlorzinkjod färbt sich die Stäbchenschicht der Exine bräunlichgelb, das Grenzhäutchen derselben mit einem Stich in's Gräuliche, die vorgewölbte Papille der Exine grau mit einem Stich in's Violette, die Cuticula derselben färbt sich nicht; die Intine violett. Von den in den Papillen eingeschlossenen Körnern die inneren dunkelblau, die sie umgebenden gelbbraun.

Ich habe im vorhergehenden *Geranium cristatum* und *sanguineum* gleichzeitig behandelt, weil sich beide so gut wie übereinstimmend verhalten¹⁾.

Bei *Gaura biennis*²⁾ wird die im Querschnitt der Anthere nur in Einzahl vorhandene Pollenmutterzelle durch drei Zellschichten von der Epidermis getrennt. Die drei Schichten sind auf dem Stadium der Fig. 45 Taf. VI noch zu sehen. Die innerste Schicht (Tapetenschicht) vergrössert sich rasch und beginnt die nächst äussere Schicht zu verdrängen. Dies noch vor Theilung der Pollenmutterzelle. Die Verdrängung der an die Tapetenzenellen grenzenden Zellschicht spielt sich auch auf der Innenseite des Faches ab. Auf die Tetradenbildung folgt ein Concavwerden der jungen Körner, die hierauf an mehreren Stellen ihrer vorspringenden Kante sich in eigenthümlicher Weise zu verdicken beginnen. Dies erfolgt noch

¹⁾ Vergl. hier die schönen Abbildungen von Fritsche, Ueber den Pollen, Petersburg 1836, Mémoires des sav. étrang., Taf. III, Taf. VII, Fig. 9, die „Zwischenkörper“ der vortretenden Papillen ganz richtig, und Schacht, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. II, Taf. XV, Fig. 5, 6.

²⁾ Vergl. die Bilder fertiger Pollenkörper der Onagrarieen bei Mohl „Ueber den Bau und die Formen der Pollenkörper“ 1834, Taf. III, Fig. 11, 12; bei Fritsche l. c. Taf. XII; bei Schacht, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. II, Taf. XII, Fig. 31, 32, Taf. XVIII, Fig. 25; Luerssen, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. VII, 1869—70, Taf. IV und V; Sächs. Lehrb., IV. Aufl., p. 588, Fig. 380.

während sie innerhalb der Mutterzellwand stecken (Taf. VI, Fig. 39). Der Beginn dieser Verdickung, durch welche kegelförmige Cellulosepropfen gebildet werden, folgt alsbald eine Verdickung auch der übrigen Seitenwände und zwar mit einer optisch von der Masse der Propfen differenten Substanz. Diese Substanz ist stark quellbar und verräth hin und wieder einen lamellösen Bau. Durch Quellung derselben wird der Plasmakörper der Zelle alsbald nach Innen zurückgedrängt. Die Cellulosepropfen, auch „Zwischenkörper“ genannt¹⁾, beginnen hierauf nach aussen vorzuspringen, während sie von Innen ihren Abschluss finden in der Bildung etwas dichterer Scheiben (Taf. VI, Fig. 42, 43), die alsbald eine äussere und innere dichtere und mittlere weniger dichte Schicht erkennen lassen (Taf. VI, Fig. 44). Die Figuren zeigen das Verhältniss, in dem die Zwischenkörper zu der übrigen Verdickung der Wand stehen. Der Plasmakörper ist von den Seitenwänden der Zelle zurückgedrängt worden, berührt aber die Basis der Zwischenkörper. Diese werden von der Verdickungsschicht der Seitenwände fast bis an ihren Scheitel umfasst. Nur letzterer grenzt direct an die Oberfläche des Pollenkorns und repräsentirt denjenigen Theil des Zwischenkörpers, der vor Beginn der Verdickung der Seitenwandung abgelegt war. Das Aussenhäutchen des Pollenkorns ist als Cuticula gegen die gequollene Verdickungsschicht der Seitenwand abgesetzt; am Scheitel der Zwischenkörper fehlt aber die Abgrenzung sowohl als auch die Cuticularisirung des Aussenhäutchens (Taf. VI, Fig. 44).

Die Zwischenkörper erscheinen bei ihrer Anlage homogen, erst nach Bildung der inneren Scheibe wird ihre Schichtung sichtbar (Fig. 44). In dem Maasse als die Zwischenkörper an Grösse gewinnen, tritt ihre Schichtung immer mehr hervor (Fig. 46, 47), schliesslich erhalten die Lamellen ein unregelmässig körniges Gefüge (Fig. 49, 50, Taf. VI). Inzwischen gehen aber auch weitere Veränderungen mit den in starker Streckung befindlichen Pollenwänden vor sich. Die Quellungs-fähigkeit derselben nimmt bedeutend ab; die Cuticula hebt sich von der Oberfläche ab und es werden unter ihr ähnliche Stäbchen wie bei Malva sichtbar. Die innerste Lamelle der

¹⁾ Die Bezeichnung von Fritsche l. c. eingeführt, im obigen Sinne von Naegeli gebraucht (Zur Entwicklungsgesch. d. Pollens, 1842, p. 26).

Verdickungsschicht differenziert sich als Grenzhäutchen. Dieses Grenzhäutchen setzt sich auch auf die Innenflächen der Zwischenkörper fort, so dass hierdurch eine scheinbar einheitliche, fortlaufende Schicht an der Innenseite der Pollenhaut zu Stande kommt (Fig. 49, 50, Taf. VI). Die Abspaltung der Cuticula fehlt am Scheitel der Zwischenkörper, also dort, wo auch die Ausbildung der Cuticula früher unterblieb. Die streifige Differenzirung der Substanz der Zwischenkörper setzt sich jetzt auch auf die basalen Scheiben derselben fort, und es hören letztere alsbald auf, sich als solche scharf zu markiren. In meinen Alcoholpräparaten bildet der nach Anlage der Wand erschöpfte Inhalt der Pollenzelle nur noch ein unscheinbares Klümpchen (Fig. 49). Jetzt wandern die Tapetenzenellen zwischen die Pollenkörner ein und der Inhalt der letzteren nimmt wieder zu. Als bald ist das Korn vollständig, oder bis auf die vorspringenden Kanten mit Plasma erfüllt. Hierauf beginnt das Plasma gegen die Substanz der Zwischenkörper vorzurücken, und dringt in dieselben ein (Fig. 51, 52). Die betreffende Substanz wird resorbirt, nur die Randpartieen derselben bleiben verschont; sie springen als Zähne gegen die Plasmamasse vor. In Fig. 51, Taf. VI ist das Plasma noch nicht so weit vorgedrungen, ich habe dasselbe weiss gelassen, um den oberen Contour der durchbrochenen Scheibe mit einzutragen zu können. In Fig. 52 bis 55 sieht man die hierauf folgenden Stadien der Verdrängung, bis dass die vorspringenden Plasmakegel nur noch von einer dünnen Haut bedeckt erscheinen¹⁾. Diese wächst zum Pollenschlauch aus, wie die Fig. 56 (a im Durchschnitt, b in Flächenansicht) im Vergleich mit Fig. 57, Taf. VI, für *Gaura parviflora* zeigt. — Eine Intine

¹⁾ Die Anlage der „Zwischenkörper“, ihre weitere Veränderung und Verdrängung hat die Angabe von Pollender veranlasst, dass die Pollenkörper der Onagraceen (und auch anderer Pflanzen) mehrzellig seien. Die Zwischenkörper hat Pollender für Zellen erklärt, welche später eingestülpt werden. (Ueber das Entstehen und die Bildung der kreisrunden Oeffnungen in der äussern Haut des Blüthenstaubes etc., 1867.) Die Abbildungen der jüngeren Entwicklungszustände sind zum Theil ganz correct (vgl. 1. c. Taf. II). — Richtig gedeutet hatte den Vorgang hingegen schon Naegeli l. c. p. 26, indem er sagt: „In *Oenothera* lagert sich, nachdem die Exine gebildet ist, auf 3 Punkten der Peripherie ein Häufchen seiner Gallerie ab“, diese wird später von dem Pollenschlauche durchbrochen.

wird hier somit nicht gebildet und die Pollenschläuche gehen an ihrer Ursprungsstelle continuirlich in die Exine über.

Die Haut des reifen Pollenkorns ist im Vergleich zu vor ausgehenden Stadien in ihrer Dicke sehr reducirt worden, die beiden Schichten der Exine sind auch stark gegen einander gepresst.

Die Pollenkörner von *Gaura* haben bald nach begonnener Füllung mit Protoplasma zwei Zellkerne aufzuweisen¹⁾. Die Behandlung reifer Pollenkörner mit Essigsäure-Methylgrün lehrt, dass diese Kerne schliesslich in unregelmässige Körnchen zerfallen.

Die hypodermale Schicht der Antherenwandung erhält vollständige Schraubenbänder.

Man kann mit Chlorzinkjodlösung die ganze Wandung der jungen Pollenkörner mehr oder weniger deutlich blau färben; diese Färbung nehmen auch die Zwischenkörper sammt basalen Scheiben und die Verdickungsschicht der Seitenwände an. Die Häute etwas älterer Körner färben sich ihrer ganzen Masse nach gelb. Diese Farbenänderung geht von der Cuticula der Seitenwände und von den Scheiben aus, und passirt zunächst gelb grüne Töne. Später färben sich am Pollenkorn nur noch die Austrittsstellen blau. Wie die Figuren 58, 59 und 60, Taf. VI, lehren, verhält sich *Oenothera rosea* ganz ähnlich wie *Gaura*. Die Schichtung der Zwischenkörper ist kaum ausgeprägt, sie erscheinen vielmehr körnig; die innere Scheibe zeigt anderseits eine schwache, radiale Streifung (Fig. 60). Die Seitenwände spalten sich in derselben Art wie bei *Gaura*.

Sehr schön ist die Differenzirung der Pollenkörner bei *Clarkia elegans*. Drei kegelförmige Zwischenkörper werden angelegt (Fig. 61, Taf. VI); sie schliessen nach innen mit einer schwach concaven Scheibe ab, die alsbald zu einer biconvexen Linse anwächst. Diese Linse (Taf. VI, Fig. 62) ist nach aussen und innen von homogener Substanz eingefasst, von innen grenzt aber an diese noch eine unregelmässig lamélliöse Scheibe. Die Substanz der Zwischenkörper zeigt, bei fortgesetzter Grössen-

¹⁾ Naegeli (Zur Entwicklungsgeschichte des Pollens bei den Phanerogamen, 1842, p. 22) bildet ganz richtig die beiden Zellkerne im Pollenkorn von *Oenothera* ab (Taf. II, Fig. 41, 42). Den kleineren bezeichnet er als Kernkörperchen. Um beide Zellkerne beobachtete er Plasmaströme und sah diese Zellkerne ihre gegenseitige Lage verändern.

zunahme, alsbald nur eine sehr geringe Dichte. Die innere wenig dichte Substanz der Linse wird später körnig. Die Seitenwand der Pollenkörner wird in zwei Lamellen gespalten, doch ohne dass zwischen beiden ein im optischen Durchschnitt Stäbchen zeigendes Netz sichtbar würde. Der Spalt in der Haut reicht hier aber nur bis an die Insertionsstelle der Linse (Fig. 63, Taf. VI, Fig. 64, Taf. VII). Er erfolgt relativ spät, in Fig. 62 ist von ihm noch nichts zu sehen. In mittlerer Länge des Spalts bildet die äussere Schicht der Exine eine Falte (Fig. 63, Taf. VI). Somit beruht der ganze Spaltungs-vorgang auf Spannungsverhältnissen, die sich zwischen den beiden Schichten der Exine ausbilden. Hierauf beginnt der Plasmakörper in die Substanz der Zwischenkörper, dieselbe resorbirend, vorzudringen. Dieser Zustand giebt überaus zierliche Bilder (Fig. 63, Taf. VI). Die durchlöcherten beiden Einfassungen der Linse ragen als Diaphragmen in den Zellraum vor. Ich habe in Fig. 63 rechts oben die beiden Ringe auch in Flächenansicht angedeutet. Sehr leicht sind auf solchen Entwicklungsstadien bei *Clarkia elegans* die beiden Zellkerne zu sehen, der eine ist relativ sehr klein im Verhältniss zum anderen. Die Haut des reifen Pollenkornes wird durch Fig. 64, Taf. VII vorgeführt. Die Diaphragmen der inneren und der äusseren Einfassung der Linse sind noch vorhanden, dabei sind die Ränder des äusseren Diaphragma gegen die Aussenwandung gedrückt. Der Pollenschlauch hat denselben Ursprung, wie bei *Gaura*, er setzt sich in die Exine fort.

Bei *Epilobium Dodonaei* werden ebenfalls drei kegelförmige Zwischenkörper ausgebildet¹⁾) und mit einer Scheibe von abweichender Lichtbrechung abgeschlossen. Der äussere Rand der Scheibe wird dichter als der innere. Später erscheint der innere Rand, so wie der Inhalt der Scheibe, unregelmässig porös geschichtet. Der übrige Inhalt des Zwischenkörpers wird körnig. Zwischen der inneren und äusseren Schicht der Seitenwände wird die Grenzfläche scharf markirt und an die Aussen-

¹⁾ Einige der Figuren Tschistiakoff's für *Epilobium angustifolium* (Jahrb. für wiss. Bot., Bd. X, 1876) nähern sich der Wirklichkeit (vergl. Taf. III bis V). Auch finde ich bei Tschistiakoff (l. c. p. 37 u. ff.) die folgende An-gabe: „Die Intine an den den Pollenporen anliegenden Stellen bildet die Aussackungen, welche in die Pollenporen eindringen, und deren Wölbungen sich als die starken Verdickungen projiciren.“

schicht anschliessend, bemerkt man im optischen Durchschnitt sehr kurze Stäbchen. Die Innenfläche der Innenschicht wird als Grenzhäutchen differenziert, das sich auch über den porösen Rand der Scheiben erstreckt. Zwei Zellkerne, ein grosser und ein kleiner, sind wieder leicht zu sehen. Das Alles wird uns in Fig. 65, Taf. VII durch ein halb ausgebildetes Pollenkorn, vor Verdrängung der Zwischenkörper, vorgeführt.

Junge Pollenkörner von *Scabiosa caucasica* (Taf. VII, Fig. 66) zeigen eine den jungen Pollenkörnern von *Oenothera* oder *Clarkia* sehr ähnliche Gestalt, besitzen aber einen durchaus verschiedenen Bau. Die dreieckige Gestalt erhalten sie noch innerhalb der Mutterzelle. Sie werden, entgegen der sonst gütigen Regel, nicht concav. Die an Dicke zunehmende Pollenhaut lässt zunächst einen inneren und äusseren stärker lichtbrechenden und einen mittleren schwächer lichtbrechenden Schichttheil unterscheiden. Die beiden stärker lichtbrechenden Schichttheile sind Grenzhäutchen. Diese Differenzirung unterbleibt an den, ihrer ganzen Masse nach stärker lichtbrechenden, drei zukünftigen, bereits vorspringenden Austrittsstellen (Taf. VII, Fig. 66 und 67). Auf dem nächsten Entwicklungszustande hat der mittlere, schwächer lichtbrechende Schichttheil bedeutend an Dicke zugenommen und zwar, weil bei fortgesetztem Wachsthum der Haut ihr inneres Grenzhäutchen stets von den letzten entstandenen Lamellen gebildet wird. Gleichzeitig wird eine im optischen Durchschnitt radial stäbchenförmige Differenzirung der Verdickungsschicht sichtbar (Taf. VII, Fig. 68). Diese Differenzirung muss auch in dem inneren Grenzhäutchen gegeben sein, ist aber in demselben der stärkeren Lichtbrechung wegen nicht sichtbar. Der protoplasmatische Inhalt des Pollenkorns zeigt sich schon auf jüngsten Entwicklungszuständen (Taf. VII, Fig. 66) in der Art nach der Mitte zusammengezogen, dass die drei vorspringenden Ecken der Zellen von je einer Vacuole eingenommen erscheinen. Dieser Zustand erhält sich auf den nächstfolgenden Stadien (Taf. VII, Fig. 67, 68). Weiterhin nimmt das Pollenkorn sehr an Grösse zu und der Plasmakörper desselben noch bedeutend ab, um schliesslich wieder auf Kosten der Tapetenzellen anzuwachsen. Ist das junge Korn von Plasma erfüllt, so wird im ganzen Umkreise desselben, vornehmlich aber unterhalb der Austrittsstellen, eine, zunächst stark quellbare, Intine gebildet. Diese drückt an den Austrittsstellen

gegen die Exine und wölbt dieselbe nach aussen vor. Wie die Figuren 67 und 68 bereits zeigten, ist die Exine an den Austrittsstellen homogen geblieben und hat nicht an Dicke zugenommen, während die übrigen Wände in starkem Wachsthum begriffen waren. Jetzt wird sie an diesen Stellen desorganisiert und zwar zunächst in unregelmässige, radial ausstrahlende Stäbchen (Taf. VII, Fig. 69), dann in Körner, verwandelt (Taf. VII, Fig. 70). Man sieht an diesen Figuren zugleich, wie bei zunehmender Dicke der Exine die Verhältnisse ihres Baues sich gestaltet haben. Eine innere, relativ mächtige Innenschicht ist vorhanden, welche homogen erscheint und die stark lichtbrechenden Eigenschaften eines Grenzhäutchens besitzt; ausserhalb derselben folgt die in unregelmässige Nadeln differenzirte, dicke Mittelschicht. Die Nadeln sind von ungleicher Dicke, zum Theil an ihrem inneren Ende stärker, dafür in der Peripherie zahlreicher. Sie münden nach aussen in einer zusammenhängenden Schicht, die sich an ihrer Oberfläche mit zahlreichen kleinen und vereinzelten grösseren Zähnen besetzt zeigt. Diese Zahne erreichen hier relativ sehr spät ihre volle Ausbildung und werden erst kurz vor dem Einwandern der Tapetenzellen angelegt. Wie in Fig. 69 und 70, Taf. VII, zu sehen, nimmt der differenzirte Theil der Exine im Umkreise der Austrittsstellen rasch an Dicke ab. Die Fig. 71 zeigt den Bau der Exine eines völlig reifen Pollenkornes.

Etwas eigenthümlicher Art ist bei *Scabiosa caucasica* die Verdickung der hypodermalen Schicht der Antherenwandung. Die Verdickungsleisten sind U-förmig, fehlen auf der Aussenseite der Zellen, auf der Innenseite derselben neigen sie aber zusammen und sind mit einander verschmolzen. Sie laufen nur über die grundsichtigen und die rechtwinklig zur Längsaxe der Antheren gerichteten Seitenwände der Zellen. Diese Art der Verdickung wird bestimmt durch die Gestalt der betreffenden Zellen, welche sich warzenförmig nach innen verjüngen.

*Cucurbita verrucosa*¹⁾ ist mir, wegen der Beobachtungen, die ich über die Entstehung der Pollenwand an ihr

¹⁾ Vergl. die Abbildungen von Mohl l. c. Taf. IV, Fig. 16; Fritsche l. c. Taf. IX; von Schacht, Jahrb. für wiss. Bot. Bd. II, Taf. XV, Fig. 11 bis 13 und Taf. XVIII, Fig. 20; Pollender l. c. Taf. I, der die Intineverdickungen unter den Deckeln als Zellen beschreibt, und Luerssen l. c. Taf. VI; Sachs, Lehrb., IV. Aufl., p. 33, Fig. 35.

anstellen konnte, sehr wichtig geworden. Die nackten, innerhalb der Mutterzellen eingeschlossenen Pollenzellen (Taf. VII, Fig. 72) zeigen, wenn sie ihre Cellulosehaut bilden sollen, zunächst eine Verdichtung ihrer Hautschicht. Sie setzen dieselbe scharf gegen das angrenzende Plasma ab und füllen sie mit Mikrosomen (Fig. 73). Ist dies geschehen, so trennt sich, bei Contraction in Alcohol, der innere Plasmakörper mehr oder weniger vollständig und ohne scharfe Abgrenzung von der Hautschicht ab. Die Hautschicht folgt der Contraction nicht und schlägt nur Falten. Sie zeichnet sich jetzt scharf als zartes Häutchen, das eine einfache Lage Mikrosomen führt. Durch Reagentien wird dieses Häutchen noch so wie Zellplasma gefärbt, die Mikrosomen ebenfalls in der charakteristischen Weise. Langsam bildet sich dieses Häutchen jetzt in eine Cellulose-Membran um, die im Verhältniss etwas grössere Dicke zeigt (Fig. 75). Die Verwandlung in Cellulose scheint an den Häutchen von aussen nach innen fortzuschreiten.

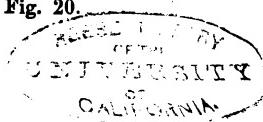
An der homogenen zarten Haut der Körner werden jetzt, noch innerhalb der Wände der Tetrade, die runden Deckelstellen sichtbar (Taf. VII, Fig. 76). Sie sind scharf kreisförmig umschrieben und zeichnen sich durch ihre Quellbarkeit und geringere Lichtbrechung aus. In Folge dieser Quellbarkeit springen sie linsenförmig in das Zellinnere vor. Mit dem Schwinden der Wände der Tetrade beginnt die Bildung der Stacheln auf der Exine (Fig. 77 a). Sie werden ganz in derselben Weise, wie bei Malva oder Althaea gebildet. Relativ grobe Körner sitzen der Pollenwand an und geben das Material zur Bildung der Stacheln her (Fig. 77 b). Diese Stacheln scheinen sich wiederum, wie bei Malva und Althaea, als Ausstülpung der Pollenhaut zu erheben. Zunächst stumpf, von sehr geringer Brechbarkeit, spitzen sie sich allmälig zu und werden lichtbrechender im Inneren. Inzwischen nimmt die Exine an Dicke zu und erhält gleichzeitig eine gelbliche Färbung; ihr Gegensatz gegen die farblosen, gequollenen Deckelstellen wird dadurch noch auffallender. Auch die Deckel erhalten Stacheln (Taf. VII, Fig. 77—80), gewöhnlich mehrere, häufig einen, sich besonders markirenden, in der Mitte. Auf einem gewissen Entwicklungs-zustand ist die ganze in Verdickung begriffene Exine ziemlich stark quellbar (Fig. 79); es lässt sich jetzt an ihr ein äusseres und ein inneres Grenzhäutchen unterscheiden. Dieser Zustand

der Quellbarkeit geht rasch vorüber, die gelbe Färbung der Exine wird gleichzeitig stärker. Das Korn nimmt rasch an Grösse zu. Das äussere Grenzhäutchen zeigt sich jetzt im optischen Durchschnitt aus kleinen Stäbchen aufgebaut, in Flächenansicht als feines Netzwerk. Diese Differenzirung hängt jedenfalls, wie in andern ähnlichen Fällen, mit der bedeutenden Streckung zusammen, welche hier die Aussenschicht erfährt: die Elemente derselben werden von einander entfernt.

Der Inhalt des Kernes ist erschöpft; doch beginnt alsbald wieder, von dem umgebenden Plasma aus, die Füllung; sie ist bald nach Abschluss der transitorischen Theilung vollendet. Diese Vorgänge folgen auch hier auf das Einwandern der Tapetenzellen. Um den vermehrten Inhalt wird hierauf die Intine gebildet (Taf. VII, Fig. 80). Sie ist meniskenförmig unter den Deckeln ausgebildet, sonst nur sehr schwach, zunächst stark quellbar (Fig. 75). Hierauf folgt die Ablösung der Deckel von der umgebenden Exine (Fig. 81, 82). Es wird eine kreisförmige Stelle im Umfang des Deckels zu diesem Zwecke resorbiert und zwar derart, dass der Deckel nach innen zu erweitert, die angrenzende Exine somit eingekeilt erscheint (Fig. 82)¹⁾. Der Spalt um den Deckel, zunächst sehr eng, wird später erweitert (Fig. 83). Auf vorgerückteren Entwicklungszuständen differirt der Deckel nur wenig in Farbe und Quellbarkeit von der übrigen Exine; er zeigt aber grössere Dicke als diese. Es sind meist 7 bis 8 Deckel am Pollenkorn vorhanden. Das fein punktierte Ansehen der Pollenhaut zwischen den Stacheln röhrt von der netzförmigen Differenzirung der Cuticula her.

Bei *Cucumis sativus* (Taf. VII, Fig. 85, 86) ist die Exine viel einfacher gebaut. Sie zeigt ein glattes, scharf abgesetztes äusseres Grenzhäutchen und eine etwas dickere, stärker lichtbrechende Innenschicht. Ueber der Mitte der drei Austrittsstellen fehlt das Aussenhäutchen; diese Austrittsstellen zeigen sich in den Präparaten jüngerer Entwicklungszustände gequollen, springen mit scharfer Biegung in das Innere meniskenförmig vor und lassen als innere Abgrenzung ein dichteres Grenzhäutchen unterscheiden. Dieses innere Grenzhäutchen setzt übrigens nicht scharf gegen den äusseren Schichttheil ab, der wie porös erscheint. Einen ähnlichen, wenn auch weniger aus-

¹⁾ Ganz richtig bei Schacht I. c. Taf. XVIII, Fig. 20.



geprägten Bau verräth die ganze Innenschicht der Exine. Die Intine ist zunächst wieder stark quellbar (Fig. 85) und zeigt daher unter den Austrittsstellen bedeutende Mächtigkeit. Sie drängt sich alsbald gegen die Substanz der Exine vor, löst dieselbe auf und schafft für das fertige Pollenkorn den in Fig. 86 Taf. VII dargestellten Zustand.

Bei *Thunbergia alata*¹⁾ ist wieder, der so verbreiteten Regel gemäss, die Entstehung der Mutterzellen aus der vierten hypodermalen Zellenschicht zu constatiren. Man findet auf dem Querschnitt der Anthere entweder nur eine, meist aber mehrere Mutterzellen neben einander; manchmal liegen auch zwei hinter einander. Das junge Pollenkorn wird concav, umgibt sich mit einer zarten Wand, die weiter wächst und alsbald aus drei gleich starken Schichten sich gebildet zeigt. An den Stellen, wo die Windungen des Bandes sich später von einander trennen sollen, bleibt die Wand einfach und etwas schwächer (Fig. 87, Taf. VII). Die nicht differenzirten Stellen der Wand beschreiben auf dem Korn den Contour des späteren Bandes²⁾. Die Differenzirung der Exine an den dem Bande entsprechenden Stellen ist an jungen Körnern, wegen der Quellbarkeit der jungen Haut, besser als später zu sehen. Die Schichtung setzt sich nicht bis auf die äussersten Ränder des Bandes fort, vielmehr gehen diese, allmälig sich verjüngend, in die nicht differenzirten Stellen über. Nachdem sich das Korn mit Plasma angefüllt hat, erfolgt die Bildung der Intine, die somit hier, sowie in anderen Fällen, erst nachträglich und unabhängig von der Exine gebildet wird und nicht, wie früher angegeben wurde, sich von derselben abspalten. Diese Intine ist bei der Anlage stark quellbar (Taf. VII, Fig. 88). Auf Stadien wie Fig. 89 erscheinen die zwischen den Windungen des Randes gelegenen, homogenen und nicht cuticularisirten Exintheile bereits so reducirt, dass der geringste Druck genügt um sie von einander zu trennen. Das Band quillt nicht mehr und erscheint jetzt, im Verhältniss zu jüngeren Entwicklungs-

¹⁾ Vergl. die Abbildungen von Mohl l. c. Taf. III, Fig. 1; Fritzsche l. c. Taf. IV, Fig. 1, 2; von Schacht, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. II, Taf. XVIII, Fig. 9—12; Sachs, Lehrb., IV. Aufl., p. 34, Fig. 36.

²⁾ Vergl. für die Gestalt des Bandes die Abbildung bei Sachs, Lehrb., IV. Aufl., p. 34.

zuständen, dünner. Der Ablösbarkeit der Exine halber, wird hier die Intine annähernd gleich stark im ganzen Umfange des Pollenkornes gebildet.

Die Tapetenzellen der *Thunbergia alata* zeigen vor Aufgabe ihrer Gestalt schöne Kernfragmentationen.

In den Blüthenknospen von *Thunbergia reticulata* spielen sich die hier geschilderten Entwicklungsvorgänge viel früher ab. Ich sah in 6 mm hohen Blüthenknospen von *Thunbergia reticulata* dieselben Zustände wie in 20 mm hohen von *Thunbergia alata*.

Senecio vulgaris fand ich in mancher Beziehung abweichend von den bisher beschriebenen Fällen. Die Mutterzellen werden in der von Warming¹⁾ für *Chrysanthemum Leucanthemum* beschriebenen Weise angelegt. Sie bilden eine bis zwei Längsreihen, die durch drei Zellschichten von der Epidermis der Antherenwandung getrennt sind (Taf. VII, Fig. 90). Die jungen Pollenkörner nehmen schon während der Membranbildung ihre definitive Gestalt an (Taf. VII, Fig. 91); sie zeigen drei Falten, deren jede, von oben gesehen, sich in bisquitförmiger Gestalt präsentirt (Taf. VII, Fig. 92). Gleich nach Verflüssigung der Wände der Tetrade geben die Tapetenzellen hier ihre Selbständigkeit auf. Die Wand des jungen Pollenkorns nimmt an Dicke zu, wobei sie sich in den Falten besonders quellbar zeigt (Fig. 93). Eine äussere Schicht der Wand fängt sich zu markiren an. Die Differenzirung unterbleibt an den Faltungsstellen (Fig. 93). Hierauf beginnen von der Oberfläche des allseitig in Plasma tauchenden Pollenkorns sich flache Stacheln zu erheben (Fig. 93, 94, 95). Ihre Bildung unterbleibt an den eingefalteten Stellen. Bei fortschreitendem Wachsthum fliessen die Stacheln an ihrer Basis zusammen, wodurch gleichzeitig die Dicke der sie tragenden Cuticularschicht zunimmt. Diese Cuticularschicht hebt sich gleichzeitig immer mehr von der inneren Schicht der Exine ab. Am Rand der Falte keilt sich die Cuticularschicht aus, um in den homogenen Membranstreifen überzugehen (Fig. 96, 97, Taf. VII). Noch innerhalb des Hautfaches bildet das Pollenkorn vor springende Papillen. Diese treten aus den drei Falten in mittlerer Länge derselben vor (Fig. 98, 99). Wie leicht fest-

¹⁾ l. c. p. 10, Taf. 2, Fig. 1—9.

zustellen, ist es somit die Exine selbst, die hier die Papillen, die zu den Pollenschläuchen auswachsen sollen, treibt. Dass eine Intine nicht überall gebildet zu werden braucht, haben wir bereits bei Onagrarieen gesehen; dass aber bei *Senecio* die nachträgliche Bildung einer Intine unterbleibt, hängt vielleicht mit der baldigen Einwanderung der Tapetenzellen und somit raschen Füllung der Pollenkörner mit Protoplasma zusammen, welche veranlasst, dass hier keine Unterbrechung in der Wandbildung eintritt. Mit Chlorzinkjodlösung gelingt es nicht, die innere Schicht der Exine blau zu färben, dieselbe wird nur grünlichgelb, während die cuticularisirte Aussenschicht gelbbraun sich färbt. Auch die vorgetretenen Papillen werden mit Chlorzinkjod nicht deutlich blau, färben sich vielmehr kaum. Präparate halb erwachsener Pollenkörner in Chlorzinkjod sind aber noch besonders instructiv dadurch, dass sich die quellende Innenschicht der Exine nach innen biegt, und daher von der Aussenschicht entfernt, an den Faltenstellen aber beide verbunden bleiben und so ihre Zusammengehörigkeit verrathen.

Die cuticularisirte Aussenschicht der Exine ist schon auf jüngeren Zuständen und so auch am fertigen Pollenkorn gelb-braun gefärbt. Die Stacheln sind an ihrer Spitze farblos, in den unteren Theilen bräunlich, im Innern scheinen sie etwas weniger dicht zu sein. Die nicht cuticularisirten Theile der Exine sind farblos¹⁾.

Die hypodermale Zellschicht der Antherenwandung bekommt Schraubenbänder; die Epidermis ist sehr reducirt.

Es hat bereits Schmitz²⁾ darauf hingewiesen, dass bei *Cobea scandens* die noch nackten Pollenzellen ihre Oberfläche dem fertigen Zustande entsprechend ausgestalten. In der That liegt bei *Cobea* ein ähnlicher Fall, wie bei *Senecio vulgaris* vor, wo wir ja ebenfalls die Pollenzelle zur Zeit der Hautbildung schon in der Gestalt des fertigen Zustandes eintreten sahen. Bei *Cobea scandens* bekommt die nackte Pollenzelle innerhalb der Wände der Tetrade regelmässig vertheilte flache Vertiefungen, welche ihrer Oberfläche (Taf. VII, Fig. 101)

¹⁾ Vergl. die Abbildungen fertiger Pollenkörner verschiedener Compositen bei Mohl, Fritsche, Schacht, Sachs.

²⁾ Stzbr. d. niederrh. Gesell. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 6. Dec. 1880, Sep.-Abdr. p. 6.

ein polygonal kämmeriges, ihrem Querschnitt (Fig. 100) ein festoniertes Aussehen geben. Hierauf erst folgt die Ausbildung einer zarten Membran, welche den Wellungen der Oberfläche angepasst ist (Fig. 102). Sie entsteht auf Kosten der mikrosomenhaltigen Hautschicht und es gelingt den protoplasmatischen Inhalt zunächst ohne Hautschicht von der jungen Wand zurücktreten zu lassen (Fig. 102). Gleich darauf beginnt eine Verdickung der jungen Wand in den vorspringenden Kanten. Sie erfolgt in Gestalt radial orientirter, einander berührender Stäbchen (Taf. VII, Fig. 103). So wird die Oberfläche des Pollenkorns in Felder getheilt, welche durch Palissaden von einander getrennt sind. Die Palissaden bestehen aus nur einer einfachen Reihe von Stäbchen (Fig. 103). Die zarte Wand zwischen den Palissaden quillt in Reagentien und wölbt sich nach aussen vor (Fig. 103 in 1% Essigsäure). In Natura bleibt sie der Vertiefung des Plasmakörpers angeschmiegt. Sind aber die vorspringenden Kanten der Pollenwandung mit den Stäbchen ausgefüllt, so wird die ganze Wand nun gleichmässig weiter verdickt. Dieser Wand sitzen dann die Stäbchen auf. Es geschieht das noch vor Antritt des Stadiums (Fig. 104). Die angelegten primären Palissaden haben somit eine nur sehr geringe Höhe, kaum 0,0015 mm. Hat aber die gleichmässige Verdickung der Wand im ganzen Umfang des Pollenkorns begonnen, so wölbt sich dieselbe auch nicht mehr zwischen den Palissaden vor. Wir wollen diese gleichmässige Verdickungsschicht als die Innenschicht der Exine bezeichnen. Um diese Zeit haben sich auch die Wände der Tetraden aufgelöst und man sieht die jungen Pollenzellen an ihrer Oberfläche von körnigem Protoplasma umlagert. Die Tapetenzellen haben ihre Selbständigkeit noch nicht aufgegeben, liefern jedoch mit sammt den geschwundenen Wänden der Tetraden das in Frage stehende Material. Die Pollenkörner nehmen jetzt rasch an Grösse zu (Taf. VII, Fig. 104, 105) und wird ihre Wand von dem umgebenden Plasma aus verdickt. Dasselbe dringt zwischen die auseinandertretenden Stäbchen der Palissaden ein und verdickt dieselben in ihrem ganzen Umfange. Daher findet man jetzt die Stäbchen oft, vornehmlich an der Spitze, von gequollener Substanz umgeben. So wächst das dem Pollenkorn aufgesetzte Gerüst. Schliesslich werden die Stäbchen noch aussen mit einem fortlaufenden Rande versehen (Taf. VII, Fig. 107, 108,

109). Die Wandung innerhalb der Felder wird auch von aussen her verstärkt, schliesslich erhält sie noch kleine unregelmässige Höcker, die ihr von oben her ein punktirtes Aussehen verleihen. Jedes dritte Feld zeigt eine kreisrunde Austrittsstelle. Diese Austrittsstellen beginnen sich schon auf dem Zustande der Figur 105 zu markiren. Während die übrige Pollenwandung cuticularisiert, bleiben die Austrittsstellen von dieser Veränderung ausgeschlossen. Werden zarte Querschnitte reifer Pollenkörner mit Methylgrün behandelt, so färbt sich die Pollenhaut schön grünblau, die Austrittsstellen bleiben farblos. Die Querschnitte durch gehärtetes Material lehren zugleich, dass hier eine von der Exine gesonderte Intine nicht gebildet wird. Die Membran der Austrittsstellen setzt sich an ihrem Rande in die inneren Theile der Exine fort. Sie wird von einem niedrigen Walle der Exine umgeben, der daher führt, dass die Exine von aussen verdickt wurde, während die Verdickung der Austrittsstelle unterblieb. Die grosse Dicke der Membran an der Austrittsstelle erklärt sich hingegen aus deren grösserer Quellbarkeit. — Nach dem Einwandern der Tapetenzellen haben sich die Pollenkörner in gewohnter Weise mit Plasma gefüllt, welches bei der Reife die Haut der Austrittsstellen nach aussen treibt (Taf. VII, Fig. 108 und 109). Der aus der Pollenhaut befreite, gehärtete Inhalt, zeigt entsprechend viel vorspringende Papillen. — Die Zellkerne des Cobea-Pollens verhalten sich nicht anders wie bei Malvaceen und Onagrarieen.

Hervorzuheben wäre noch, dass die Pollenmutterzellen bei *Cobea scandens* relativ tief im Gewebe der Anthere liegen: sie bilden die siebente, selbst achte Schicht. Zunächst grenzen an die Pollenmutterzellen wieder die Tapetenzellen, welche die weiter nach aussen liegenden Zellschichten verdrängen. Schraubenbänder erhält bei Cobea nicht nur die zweite, sondern auch die dritte, ja an einzelnen Stellen selbst die vierte und fünfte Zellschicht¹⁾.

Die Pollenmutterzellen von *Allium fistulosum*²⁾ stehen im mittleren Theile des Staubfaches, etwa vier Reihen stark,

¹⁾ Die Abbildungen fertiger Pollenkörner von *Cobea scandens* vergl. bei Fritschel. c. Taf. XI, Fig. 8 und Taf. XIII, Fig. 19; Schacht l. c. Taf. XV, Fig. 7—10. Schacht giebt eine gesonderte Intine an.

²⁾ Abbildungen fertiger monocotyler Pollenkörner vergl. vornehmlich bei Schacht, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. II, Taf. XIV und XVI.

hinter einander, nach den Rändern zu nimmt ihre Zahl ab; sie bilden zusammen einen soliden Cylinder von annähernd kreisförmigem Querschnitt. Von der Oberfläche der Anthere werden sie durch vier Zellreihen getrennt. Die jungen Körner zeigen eine einfache glatte Haut (Taf. VII, Fig. 110), die auch auf späteren Zuständen in diesem Aussehen verharrt. Sie cuticularisiert bald, mit Ausnahme eines bandförmigen Streifens, der über die concave Aussenseite des Korns läuft. Diesem Bande entlang ist das Pollenkorn eingefaltet. In Fig. 112, Taf. VII ist das Band an einem fertigen Pollenkorne von vorn zu sehen, Fig. 111, Taf. VII zeigt dasselbe und zwar an einem Längsschnitt, von der Seite. Der Längsschnitt war genau durch die Mediane des Bandes gegangen. Wie hier zu sehen, lässt die Exine auch in ihrem cuticularisierten Theile ein stärker lichtbrechendes Grenzhäutchen unterscheiden. Dieses wird deutlich sichtbar an dem nicht cuticularisierten Bande, das eine viel bedeutendere Dicke zeigt (Fig. 111). Der cuticularisierte Theil setzt allseitig scharf gegen den nicht cuticularisierten ab und zwar mit einer Anschwellung, die namentlich das Grenzhäutchen trifft. Eine Intine wird nicht gebildet. Der Pollenschlauch kann an beliebiger Stelle des Bandes hervortreten. Die nicht cuticularisierte Wandung des Pollenkorns wölbt sich dann einfach an der betreffenden Stelle nach aussen vor (Taf. VIII, 113). Die beiden Zellkerne, von theilweise sehr veränderter Gestalt, wandern, wie ich das früher geschildert habe¹⁾, in den Pollenschlauch ein.

Die Pollenkörner von *Iris sibirica* zeigen eine netzförmig gebaute Exine und besitzen eine echte, doch nur einseitig entwickelte Intine. Es können somit, wie wir sehen, die Pollenkörner selbst relativ nah verwandter Pflanzen sich in dem Aufbau ihrer Wandung unterscheiden und wird vor Allem die Bildung der Intine nicht durch eine allgemeine Regel, sondern durch die gegebenen Verhältnisse der Entwicklung bestimmt. Wo die Exine selbst befähigt ist zum Pollenschlauch auszuwachsen, da wird eine Intine nicht erzeugt. Figur 114 führt uns die Pollenkörner von *Iris* noch innerhalb der in Desorganisation begriffenen Wände der Tetraden vor. Diese Pollenkörner sind auf ihrer Aussenseite gefaltet, ihre zarte Haut verräth

¹⁾ Befruchtung und Zelltheilung, p. 24.

bereits im optischen Durchschnitt eine Differenzirung in Stäbchen. Auf der convexen Seite des Korns ist die Haut bedeutend stärker als auf der concaven. Dieses Verhältniss wird noch prägnanter auf späteren Entwicklungszuständen, wie sie die Figuren 115a und b, Taf. VIII, zeigen. Die Haut ist cuticularisirt, nimmt braune Färbung an; sie lässt in den dickeren Theilen ein inneres Grenzhäutchen unterscheiden. Zur Zeit, da die Tapetenzellen ihre Selbständigkeit aufgeben, wird die Intine gebildet; relativ stark an der concaven Seite des Korns keilt sie sich nach der convexen Seite aus und schliesst hier an die Exine an. Die in solcher Weise einseitig angelegte Intine ist sehr quellbar, färbt sich bei Zusatz von Chlorzinkjod violett und wölbt sich nach aussen, wobei sie die zarte Exine dieser Seite zersprengt (Taf. VIII, Fig. 116). Die Exine färbt sich goldgelb. Diese Verhältnisse, an einem mit Chlorzinkjodlösung behandelten Querschnitte eines reifen Pollenkorns, werden uns durch die Fig. 117 vorgeführt. Das im trockenen Zustande gefaltete Pollenkorn wölbt sich in Chlorzinkjod (und so auch in Wasser) in der abgebildeten Weise vor; die Exine wird hierbei durchbrochen und deckt nur noch etwa das halbe Korn, sie greift mit unregelmässigen Zähnen auf die andere Hälfe über. Einzelne Stückchen der Exine sind, von einander getrennt, auf der vorgewölbten Intine kleben geblieben. Diese Intine lässt meist ein Grenzhäutchen unterscheiden. Sie keilt sich in der schon erwähnten Weise an der convexen Seite des Pollenkernes aus. Die Exine zeigt den in Fig. 118 und 119, Taf. VIII vorgeführten Bau. Ein zartes, unregelmässiges Netz, das im Querschnitt Stäbchen giebt. Letztere erscheinen an ihren beiden Enden etwas angeschwollen; an ihren inneren Enden gleichzeitig lichtbrechender, was eine Art Grenzhäutchen giebt (Fig. 118). Die Intine wächst zum Pollenschlauch aus; derselbe hält sich meist an die Ränder der vorgewölbten Seite (Taf. VIII, Fig. 120), zeigt somit eine Lage, wie der Pollenschlauch von Allium.

Der Unterschied im Bau der Pollenkörner von Allium und Iris würde aber dahin zu präcisiren sein, dass bei Allium die Entwicklung der Haut mit einem Mal vollendet wird und ein Streifen derselben überhaupt nicht cuticularisirt, während hingegen bei Iris die Bildung der Wand in zwei Malen vor sich geht, die ganze zuerst gebildete Haut cuticularisirt und daher

die Bildung einer Intine und die Durchbrechung der cuticularisierten Haut nothwendig wird.

Bei *Arum maculatum* finde ich auf den jüngsten mir zur Verfügung stehenden Zuständen der Antheren zu äusserst die Epidermis, unter dieser eine die Epidermis an Höhe übertreffende Zellschicht, dann zwei flache Zellschichten und dann zwei unregelmässig ineinandergriffige wiederum höhere. Die Verhältnisse sind somit ähnlich den für gewöhnlich beobachteten, nur dass die dritte und die vierte Zellreihe sich verdoppelt haben. Der abgeflachte cylindrische Complex von Pollenmutterzellen ist relativ mächtig, in der Mitte etwa vier Zellen stark. Gleich nach Bildung der jungen Pollenkörner und Auflösung der Wände der Tetrade wandert die doppelte Schicht von Tapetenzellen, ihre Selbständigkeit aufgebend, zwischen die jungen Pollenzellen ein. Dieselben erscheinen hierauf in einem gleichmässig fein granulirten Protoplasma eingebettet. Dieses Protoplasma füllt lückenlos den ganzen Raum zwischen den Körnern aus. Es ist ein Leichtes, in der feinkörnigen Substanz die Zellkerne der Tapetenzellen wiederzufinden. Dieselben zeigen sich etwas vergrössert und von ziemlich unregelmässiger Gestalt. Sie halten sich zum Theil in der Peripherie des Faches, theils zwischen den Pollenkörnern auf. Die beiden flachen Zellschichten der Antherenwandung werden zerquetscht, die hypodermale wächst zu bedeutender Höhe an. In der reifen Anthere wird diese hypodermale Zellschicht in ihren radial gestellten Kanten verdickt. Flächenschnitte durch die Antherenwandung lassen diese Zellschicht daher ganz collenchymähnlich erscheinen. Die jungen Pollenkörner erhalten alsbald eine relativ dicke Haut, an der eine innere stärker lichtbrechende und eine gleich starke äussere, schwächer lichtbrechende Schicht zu unterscheiden sind. Die äussere Schicht zeigt feine radiale Streifung, die jedenfalls auf Poren zurückzuführen ist, ausserdem an ihrer Oberfläche kleine Höcker, welche den Contour des Pollenkorns etwas wellig erscheinen lassen. Eine Intine ist erst an Körnern, die ihren Schlauch getrieben haben, mit Sicherheit nachzuweisen. Sie wird relativ spät angelegt an mit Plasma völlig erfüllten Körnern. Sie umgibt den Inhalt gleichmässig und durchbricht die Exine an beliebiger Stelle. Sie färbt sich violett, die Exine schwach gelblich. Man findet leicht in entleerten Antheren vereinzelt zurückgebliebene

Körner mit ausgetriebenem Schlauche. Doch darf man für die Untersuchung nicht zu alte Antheren wählen, da in letzteren auch die Pollenschläuche zum Theil cuticularisirt sind und sich nicht mehr färben lassen.

Die Pollenkörner von *Arum maculatum* führen drei Zellkerne, die vor Füllung der Pollenkörner gebildet, dann auch am leichtesten zu constatiren sind.

Bei *Zostera nana* finde ich an Alcohol-Material¹⁾ länglich ellipsoidische Pollenkörner mit Trennung der Haut in Cuticula und Innenschicht, in der Cuticula im optischen Durchschnitt Stäbchen, in Flächenansicht ein enges Netz. Die Exine färbt sich gelb, die Innenschicht violett. Junge Körner sind von zahlreichen Stärkekörnern erfüllt, ältere Körner zeigen ein zartes Kammerwerk von Protoplasma mit kleinen den Wänden eingelagerten Körnchen. Ein grosser centraler Zellkern und ein kleiner, constant dem einen Ende des Pollenkorns angedrückter, sind leicht zu sehen.

Bei *Najas major* sind die Pollenkörner von einer zarten Haut umgeben, die sich mit Chlorzinkjodlösung violett färbt und stark quillt²⁾. Eine weitere Structur ist an derselben nicht zu bemerken. Es ist wahrscheinlich, dass diese Haut direct zum Pollenschlauch auswächst³⁾. Die mit Alcohol fixirten Pollenkörner zeigten mir einen Protoplasmeschlauch von regelmässig kämmeriger Structur. Derselbe führt im reifen Zustande ganz kleine Stärkekörner und drei Zellkerne⁴⁾.

Ein directes Auswachsen der ganzen Pollenhaut zum Schlauch findet thatsächlich bei den *Orchis*-Arten statt⁵⁾. Die Wände der Massulae färben sich dort mit Chlorzinkjodlösung violett. Wo die Oberfläche der Massulae stark verdickt oder cuticularisirt ist, unterbleibt an der betreffenden Seite meist

¹⁾ Aus der Schleiden'schen Sammlung stammend, *Zostera minor* Nolte bezeichnet.

²⁾ Ganz richtig geschildert bereits bei Fritsche l. c. p. 706, abgeb. Taf. III, Fig. 5.

³⁾ Vergl. die Abbildung bei Hofmeister, Abh. der k. sächs. Gesell. der Wiss., Bd. VII, 1861, Taf. I, Fig. 11.

⁴⁾ Hofmeister l. c. p. 642 giebt für jüngere Pollenkörner zwei, für reife einen Zellkern an.

⁵⁾ Vergl. auch Schacht, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. II, p. 140, Taf. XIV, Fig. 12 und 13, Taf. XVIII, Fig. 26—28.

die Schlauchbildung. Die Cuticula kann aber auch von der Innenschicht der Haut durchbrochen werden.

Bei *Gymnadenia conopsea* konnte ich feststellen, dass die Pollenurmutterzellen der fünften Zellschicht, von aussen gerechnet, angehören. Jede Urmutterzelle zerfällt durch zahlreiche Theilungen in die Pollenmutterzellen, bleibt aber an der starken Verdickung der Wand in ihrem ursprünglichen Contour kenntlich. Alle ihre Nachkommen zusammen bilden eine Massula¹⁾. Die an die Massulae grenzenden Tapetenzellen erlangen hier eine nur schwache Entwicklung. Die dritte Zellschicht von aussen wird bald zerquetscht. Die Epidermis und die hypodermale Zellschicht werden stark; beide, vornehmlich die letztere, führen Stärke.

Ist die Viertheilung der Pollenmutterzellen vollzogen, so beginnt die Auflösung der dicken, die Massulae umgebenden Wände. Diese werden verflüssigt, bis auf ihre innerste, bereits chemisch differenzierte Verdickungsschicht, welche zurückbleibt. Somit erscheint jede Massula, auch nach Auflösung der Aussen-schichten ihrer Wandung, noch von einer gemeinsamen Haut umgeben, welche alsbald an ihrer Aussenseite cuticularisirt. Zwischen die einzelnen Mutterzellen können aber, von aussen her, mehr oder weniger tiefe Spalten sich fortsetzen, soweit nämlich, als die aufgelösten Membrantheile sich zwischen diese Zellen einkeilten.

Nach Auflösung der Aussenschichten der Massulae-Wände schwinden alsbald die Tapetenzellen. In der reifen Anthere zeigen sich die Wände nur von der Epidermis und der hypodermalen Schicht gebildet, welche beide ihre Stärke, nicht aber ihren Plasmaschlauch, eingebüsst haben.

Kurz vor der Reife wird die transitorische Theilung in den Pollenzellen ausgeführt.

Die Cuticula an der fertigen Massula zeigt eine netzförmige Zeichnung.

Mit Chlorzinkjodlösung färbt sich die Cuticula gelb, die inneren Wände der Zellen blau. Diese inneren, die einzelnen Pollenzellen trennenden Wände werden hier von den bleibenden, nach

¹⁾ So auch Reichenbach fil., De pollinis orchidearum genesi, 1852, Taf. I, Fig. 1, 2, 21. Hofmeister, Abh. der k. sächs. Gesell. d. Wiss. Bd. VII, 1861, p. 647.

ihrer Anlage sich etwas verdickenden Wänden der Tetraden gebildet, denselben Wänden, die in anderen Fällen aufgelöst werden.

Die Pollenschläuche treten als unmittelbare Anschwellungen dieser Wände auf. Eine zarte Mittellamelle wird aber zuvor zwischen den Tetraden gelöst, um sie von einander zu trennen.

Wir finden hier somit den ganzen Vorgang der Wandbildung um die Pollenkörner sehr vereinfacht, entsprechend den veränderten Bedingungen, und die Bildung einer Cuticula nur auf der Aussenseite der Massulae, als an der einzigen den äusseren Einflüssen bei der Uebertragung der Pollenmassen exponirten Fläche.

Bei denjenigen Orchideen, die einen pulverigen, aus losen Tetraden bestehenden Pollen besitzen, werden die Mittellamellen zwischen den verdickten Wänden der Tetraden früher schon gelöst. Dem entsprechend erscheint hier die Aussenseite einer jeden Tetraden mehr oder weniger vollständig cuticularisirt, die Cuticula dann auch meist in charakteristischer Weise gezeichnet.

Bei Cypripedium, die isolirte Pollenkörner führen¹⁾, stimmen hingegen die Verhältnisse mit denjenigen anderer Monocotylen überein. Die Pollenmutterzellen von *Cypripedium barbatum* sind nicht scharf gegen das äussere Gewebe der Antherenwandung abzugrenzen. Relativ sehr spät (in Blüthenknospen fast halber Grösse) erfolgt die Theilung der Pollenmutterzellen. Die jungen Pollenkörner umgeben sich mit einer eigenen Haut und die Wände der Tetraden werden gelöst. Zu gleicher Zeit verwandeln sich zwei, stellenweise drei peripherisch gelegene Zellreihen in stark lichtbrechende Klumpen, deren Substanz zwischen die Pollenkörner alsbald einwandert, um sie zu verkleben. Diese Substanz färbt sich mit Chlorzinkjod weinrot. Die Zellen, welche sich in solcher Weise verändern, sind von den angrenzenden Pollenmutterzellen zuvor nicht zu unterscheiden und greifen auch zwischen die Tetraden unregelmässig ein. Ausserhalb dieser Zellen besteht die Antherenwandung aus zwei bis drei Lagen flachgedrückter, aus einer Lage hoher, mit Stärke reich angefüllter Zellen und aus der Epidermis. Die

¹⁾ Vergl. im Uebrigen: Reichenbach fil., De pollinis orchidearum genesi und Hofmeister, Abh. der sächs. Gesell. der Wiss., Bd. VII, p. 645 ff.

innersten flachen Zellen werden alsbald verdrängt, die hohe hypodermale Schicht erhält dünne Schraubenbänder und verliert ihren Inhalt.

Die jungen Pollenkörner der *Pinus* arten zeigen noch innerhalb der Tetrade, an ihrer freien Aussenfläche, zwei Vertiefungen. Ihre Wand besteht aus einer stark lichtbrechenden Innenschicht und einem äusseren Grenzhäutchen, das alsbald cuticularisiert. Die Aussenseite der Wände der Tetrade wird aufgelöst, während die inneren Scheidewände, nach aussen mit erweitertem Rande abschliessend, zunächst stehen bleiben. Von den beiden Vertiefungen jedes Pollenkornes erheben sich hierauf die Flügel. Sie verdanken einer Abspaltung der Cuticula ihre Entstehung. Der Raum zwischen der Cuticula und der Innenschicht füllt sich mit Flüssigkeit. Die abgehobene Cuticula erhält die bekannte dunkle Felderung¹⁾. Auch an den nicht abgehobenen Stellen zeigt die Cuticula netzförmige Zeichnung. Die Bildung der Intine erfolgt relativ spät. Sie wird vornehmlich an den schmalen Seiten der Körner gebildet. Bei der Anlage stark quellbar, erscheint sie daher an den Seiten von auffallender Dicke, weniger dick an der von den Flügeln abgekehrten, am schwächsten an der den Flügeln zugekehrten Seite. Die Intinebildung geht kurz der Theilung des protoplasmatischen Zellinhalts voraus. Die Exine ist dann bereits etwas gebräunt. Der sog. Innenkörper des Pollenkornes sitzt der Intine auf (vgl. Fig. 121, Taf. VIII, für *Pinus Laricio*).

Larix hat eine sehr einfach gebaute Exine aufzuweisen, an der kaum eine Cuticula und Innenschicht zu unterscheiden ist. Die stark quellbare Intine wird gleichmässig im ganzen Um-

¹⁾ Tschistiakoff (Bot. Zeitung, 1875, Sp. 97) giebt für *Abies pectinata* an: der „einschichtige“ Primordialschlauch verwandle sich zunächst in eine sehr dünne Membran, die später die erste, äussere Schicht der Exine darstelle. Das Plasma ziehe sich von zwei Stellen dieser Membran zurück und sondere dort eine halbfüssige, schleimige Substanz aus; nun differenziere sich ein neuer secundärer Primordialschlauch, der sich auch in Membran verwandelt; diese Membran ist die zweite, innere Schicht der Exine. Die schleimige Substanz zwischen den beiden Exineschichten quelle nun und wölbe die äussere Exineschicht vor, zum aërostatischen Apparate. — So soll auch bei anderen Coniferen die Exine durch unmittelbare Umwandlung des Primordialschlauchs entstehen und so auch bei sonstigen Pollenkörnern. Die Intine soll hingegen von dem Plasma durch Ausscheidung gebildet werden (l. c. Sp. 83).

fange angelegt. Der Innenkörper sitzt der Intine auf. Die Wände der Stielzelle des Innenkörpers sind sehr quellbar.

Hiermit wäre die Mannigfaltigkeit der Vorgänge bei Anlage und Ausbildung der Pollenzellwandung annähernd erschöpft. Aus den gegebenen Schilderungen geht aber wohl zur Genüge hervor, dass das einfache Schema von Exine und Intine, wie es jetzt im Allgemeinen gilt, nicht auf alle Fälle seine Anwendung finden kann. Ueberhaupt zeigte es sich, dass die Verschiedenheit im Aufbau der Wand bei den Pollenkörnern fast eben so gross ist wie die Mannigfaltigkeit ihrer äusseren Gestalt und dass der Pollenschlauch das Product von Häuten sehr verschiedenen Ursprungs sein kann.

Was die Anlage und das Wachsthum der Pollenhäute anbetrifft, so gelang es uns, die Entstehung der ersten polleneigenen Wandung bis auf die mikrosomenhaltige Hautschicht des Plasmakörpers zurückzuführen, die äusseren Vorsprünge der Pollenkörner aber auf eine Ernährung der Pollenhaut von aussen. Die Flächenzunahme der Wandung beim Wachsthum der Pollenkörner muss ich aber auf Dehnung zurückführen, wie später noch erörtert werden soll.

Es sollen jetzt noch einige Beispiele aus dem Gebiete der Gefässkryptogamen über Anlage und Wachsthum der Sporenhäute folgen.

Lycopodium clavatum. Für die jüngsten Zustände verweise ich auf Goebel, der neuerdings nachgewiesen hat¹⁾, dass die ganze Sporenmasse des Sporangiums in der centralen, hypodermalen Endzelle der Anlage, „dem Archesporium“, ihren Ursprung findet.

Meine Beobachtungen beginnen mit dem Augenblicke, wo die Sporangiumwand dreischichtig ist, die Sporenmutterzellen durch Auflösung der Mittellamellen gegen einander getrennt sich zeigen. Die innerste plasmareiche Zellschicht bildet die Tapetenzellen. Die kugelrunden Sporenmutterzellen liegen in einer homogenen, farblosen Gallerte eingebettet, die jedenfalls aus der Auflösung der Mittellamellen stammt. Diese Gallerte färbt sich mit Chlorzinkjodlösung nicht blau, aber eben so wenig

¹⁾ Bot. Zeitung. 1880, Sp. 563.

auch die Wände der Mutterzellen, die schliesslich bis zur Unkenntlichkeit aufquellen.

Nach erfolgter Viertheilung beginnt um die jungen Sporen die Bildung der eigenen Wände. Letztere setzen unmittelbar an die relativ nicht zu dicke, gleichmässig und zwar stark lichtbrechende Mutterzellwand an. Doch ist die junge Sporenhaut nicht etwa als innere Verdickungsschicht der Mutterzellhaut aufzufassen, denn sie lässt sich von derselben durch wasserentziehende Mittel leicht ablösen. Auch verhält sie sich von Anfang an verschieden gegen chemische Reagentien; sie bleibt in Chlorzinkjodlösung erhalten, während die Mutterzellwand sich löst, und sie färbt sich gelblich. An dieses erste eigene Häutchen setzt nun eine Verdickungsschicht an, die im optischen Durchschnitt aus radialen Stäbchen aufgebaut zu sein scheint. Diese Stäbchen färben sich mit Chlorzinkjod gelb und sind an der nach aussen gekehrten, vorgewölbten Fläche der Sporen höher und zahlreicher als an den nach innen gekehrten planen Flächen. Von oben betrachtet erscheint die Wandung in polygonale Felder getheilt und man erkennt leicht, dass die Stäbchen der Querschnittsansicht nur die Durchschnitte der die Felder trennenden radialen Wände sind. Gleichzeitig mit dieser netzförmigen Verdickungsschicht wird in den Winkeln, welche die aufeinanderstossenden inneren Flächen der Sporen mit einander bilden, je eine schmale Verdickungsschicht angelegt. In der Mittellinie dieser Leiste öffnet sich bei der Keimung die Sporenhaut. Die netzförmige Verdickungsschicht so wie die Verdickungsleisten der Kanten wachsen an ihren inneren Rändern so lange, bis sie die volle Höhe erreicht haben; dann bildet das Plasma eine continuirliche Innenschicht, die sich mit Chlorzinkjodlösung ebenfalls gelb färbt. Auf diesem Entwicklungsstadium beginnt die Sporenwandung auch von selbst einen gelblichen Ton anzunehmen. Die innere continuirliche Schicht wird dicker und wellenförmig, wobei die Wände des aufsitzenden Netzes den Höhepunkten der Wellen entsprechen.

Die Sporen jeder Tetrade haften lange Zeit an einander. Die Wände der Tetrade schwinden aber schon an halbreifen Sporen, übrigens erst, wenn die Wand der letzteren in allen Theilen völlig angelegt worden ist. Die zwischen den Tetraden befindliche Substanz wird resorbirt.

In den Bau der reifen Sporen gewährt den besten Einblick

die Einwirkung von Schwefelsäure, wobei die Häute der Sporen goldgelb werden, der Inhalt aber sich rothbraun färbt. Die drei Leisten der Innenseite springen scharf an den Kanten vor, ragen aber nicht frei nach aussen, liegen vielmehr in einer ähnlichen farblos bleibenden Substanz eingebettet, wie die Wände des Netzes. Letztere bilden an den drei Innenflächen der Sporen weite Maschen, reichen nicht mit ihrem Aussenrande bis an die Oberfläche der farblosen Substanz, in der sie stecken und hören, immer kürzer werdend, auf, bevor sie die Scheitel der pyramidal zugespitzten Spore erreichen. Die Vereinigungspunkte der Netzwände entsprechen kleinen knotenförmigen Anschwellungen.

An trockenen Sporen ist die farblose Substanz eingesunken, so dass den Maschen des Netzes Vertiefungen entsprechen.

Die Sporenhaut von *Osmunda regalis*¹⁾ hat im Querschnitt ein ähnliches Aussehen wie die Exine von *Geranium*; sie zeigt eine Schicht von Stäbchen (*Exosporium*), die an ihrem inneren Ende in einer homogenen Innenschicht (*Endosporium*) tauchen. An ihrem äusseren Ende sind die Stäbchen abgerundet und etwas an Lichtbrechung verschieden. Diese im Querschnitt sich stäbchenförmig präsentirenden Gebilde zeigen sich in Flächenansicht in Gestalt eines unregelmässigen, gebuchteten, kurze oder gestreckte, maeandrisch in einander greifende Figuren bildenden Netzes. Die reifen Sporen sind fast kugelrund; die meist drei Leisten der Innenseite sind relativ breit, an den Rändern ausgefressen, in der Mediane durchsetzt von einer stärker lichtbrechenden Linie, innerhalb welcher die Spaltung vor sich geht. Die betreffenden Linien sind am Vereinigungspunkte am schärfsten ausgeprägt. Die Sporenhaut wird bei Einwirkung von Schwefelsäure rothbraun, der Inhalt bleibt farblos oder bräunt sich ein wenig. Eine innen von der rothbraunen Haut sich ablösende Membran war an meinem Material in keiner Weise festzustellen²⁾.

Ein besonderer, nicht cuticularisirter Membrantheil, der etwa den nicht cuticularisirten Austrittsstellen der Exine

¹⁾ Vergl. auch Fischer von Waldheim, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. IV, p. 374, und Kny, ebendas. Bd. VIII, S. 1. Luerssen, Mittheilungen aus dem Gesamtgebiet der Botanik von Schenk und Luerssen, Bd. I, p. 462.

²⁾ Vergl. dagegen Luerssen, Mittheilungen aus dem Gesamtgebiet der Botanik von Schenk und Luerssen, Bd. I, p. 462.

mancher Pollenkörner, oder der Intine anderer entsprechen möchte, ist weder an den reifen Sporen von *Lycopodium* noch von *Osmunda* zu finden. Bei *Gleichenia* hat nun Rauwenhoff¹⁾ nachgewiesen, dass eine neue, Cellulosereaction zeigende Wandung, bei Beginn der Keimung um den Sporenhalt gebildet wird. Diese Haut entspricht durchaus der Intine der Pollenkörner, wo eine solche vorhanden, und wie letztere als Pollenschlauch, so tritt erstere hier als Keimschlauch hervor. Ich zweifle gar nicht daran, dass diese Haut auch bei anderen Sporen erst mit Beginn der Keimung auftreten wird, sicher bei allen denjenigen Sporen, die eine Sporenruhe durchzumachen haben.

Die Entwicklungsgeschichte der Sporen von *Equisetum limosum* ergiebt sehr interessante Resultate. Bekanntlich haben diese Sporen bei der Reife drei getrennte Hämpe aufzuweisen. Sanio²⁾, Hofmeister³⁾ und Russow⁴⁾ lassen die äussere Hülle aus der „Specialmutterzellwand“, Sachs⁵⁾ als erste vom Sporenpulpa ausgeschiedene Haut entstehen. Diese äussere Hülle liefert die Elateren. Auf diese erste folgen dann nach Sachs, durch wiederholte Hautbildung, die zweite und dritte Haut. Nach Hofmeister ist die zweite Haut erst ein Ausscheidungsproduct des Sporenpulpa, die dritte Membranschicht soll hierauf auf der Innenfläche der zweiten aufgelagert werden.

Ich untersuchte in Alcohol gehärtetes Material und war damit, den früheren Beobachtern gegenüber, bedeutend im Vortheil.

Die inhaltsreichen Tapetenzellen der Sporangien, der vierten Zellschicht (von der freien Aussenseite an gerechnet) angehörend, geben ihre Selbstständigkeit auf, wenn die Sporenmutterzellen sich von einander trennen. Ihr Inhalt wandert zwischen die Sporenmutterzellen ein und diese liegen nun im Plasma allseitig eingebettet. Dieses Plasma muss sich übrigens noch vermehrt haben, denn der Inhalt der Tapetenzellen hätte nicht

¹⁾ Bot. Zeitung, 1879, Sp. 447.

²⁾ Bot. Zeitung, 1856, Sp. 183, 1857, Sp. 660.

³⁾ Jahrb. für wiss. Bot., Bd. III, p. 283 ff.

⁴⁾ Vergl. Untersuchungen etc., Mém. des l'Acad. imp. de sc. de St. Pétersbourg, VII. Ser., Bd. XIX, Nr. 1, p. 148.

⁵⁾ Sachs, Lehrbuch, IV. Aufl., p. 400.

ausgereicht um das Sporenfach in solcher Weise zu füllen. In dem Plasma lassen sich die früheren Zellkerne der Tapetenzellen leicht nachweisen. Die Sporenmutterzellen sind durch das Auflösen von Mittellamellen aus dem Verband getreten, sie runden sich ab, und ihre Wände quellen stark, so dass ihr Plasmakörper mitten in eine hyaline Kugel zu liegen kommt. Folgt jetzt die Theilung des Plasmakörpers, in der von mir wiederholt schon geschilderten Weise. Die angelegten Scheidewände quellen sofort sehr stark (Taf. VIII, Fig. 122) und treten durch Auflösen der Mittellamellen auseinander. Man findet jetzt den Inhalt der Tochterzellen in eben solchen hyalinen Kugeln liegend, wie zuvor den Inhalt der Mutterzellen¹⁾. Auch die Tochterzellkugeln werden jetzt allseitig von Protoplasma umgeben. Dieses erscheint zuerst an den fixirten Präparaten mit deutlicher Hautschicht gegen die hyalinen Kugeln abgesetzt. Die Plasmakörper der jungen Sporen ziehen sich jetzt aber zusammen und erscheinen meniskenförmig. Sie sehen wie junge Pollenkörner aus und auch ihr Zellkern hat die dort übliche Abflachung erfahren. Hierauf umgeben sie sich mit einer zarten Haut. So sieht denn das Bild solcher Zustände wie unsere Fig. 123, Taf. VIII aus²⁾). Die Haut der jungen Sporen nimmt alsbald einen bräunlichen Ton an, eine Blaufärbung derselben mit Chlorzinkjod gelingt auf keinem Stadium, sie färbt sich nur gelblich³⁾). Hierauf lässt sich an der Peripherie der hyalinen Kugel, in Contact mit der umgebenden Plasmamasse, ein Häutchen erkennen, das aus aneinandergereihten Körnchen (Mikrosomen) zu bestehen scheint⁴⁾). Es ist das ein eben

¹⁾ Russow's Angaben (l. c. p. 149) über das Verhalten des frischen Sporangiuminhalts entnehme ich hier noch folgendes: „Die Membran der Spezialmutterzellen wird gleich nach Isolirung letzterer im Wasser gelöst, oder wenigstens unkenntlich, denn lässt man den Inhalt eines Sporangiums in Wasser austreten, so stösst man neben noch zu Tetraden vereinigten Spezialmutterzellen und isolirten, von einer hyalinen Hülle umgebenen Sporen, auf zahlreiche kugelige Primordialzellen, die offenbar nichts anderes als die jungen membranlosen Sporen sind“.

²⁾ „Chlorzinkjod dem frischen Präparate zugesetzt färbt die aufquellende Schicht in ihrer ganzen Masse blau, die innere Schicht gelb“. Hofmeister l. c. p. 285.

³⁾ Doch will sie Hofmeister auch sehr schwach blau gefärbt auf späteren Zuständen gesehen haben. l. c. p. 285.

⁴⁾ Eine feinkörnige Structur dieser Haut auf entsprechendem Ent-

solches Häutchen, wie wir es bei Cucurbita während der Bildung der ersten polleneigenen Membran zu beobachten Gelegenheit hatten. Auch hier wird dieses Häutchen leicht von dem umgebenden Plasma durch das Messer abgelöst (Fig. 124 u. 125). Mittelstufen lehren, dass es sich um die mit einer Schicht Mikrosomen beladene Hautschicht des umgebenden Protoplasmas handelt. Dieses Häutchen färbt sich mit Chlorzinkjod gelb, die aus demselben hervorgegangene homogene Membran (Fig. 126) später blau¹⁾.

Die Spore hat sich inzwischen noch anderweitig verändert. Der Inhalt derselben hat zugenommen, sie selbst hat sich bis auf eine geringe, einseitige Vertiefung abgerundet. Um dieselbe Zeit, wo das körnige Aussenhäutchen sich zeigte, konnte man auch das Sichabheben einer sehr zarten Haut von der Oberfläche der Spore constatiren. Eingehende Untersuchung bei starker Vergrösserung lehrt, dass diese zarte Haut eine sich abhebende äusserste Schicht der Sporenwandung ist. Wir wollen diese Schicht als Mittelhaut bezeichnen. Der Vorgang des Abhebens wird jedenfalls durch ein Quellen der betreffenden Schicht veranlasst und entspricht dem Abheben der Flügel an Coniferenpollen. Es tritt auch hier Flüssigkeit zwischen die beiden Schichten ein. Die Trennung erfolgt bis auf die Stelle, an der die Spore die geringe Einsenkung zeigt (Vergl. Fig. 127, Taf. VIII). Dies lässt sich natürlich nur in einer bestimmten Lage der Sporen constatiren. Die Stelle, an der die Trennung unterblieb, ist durch etwas stärkere Verdickung ausgezeichnet²⁾. Die sich abhebende Mittelhaut dehnt sich aus, bis dass sie die Aussenhaut fast erreicht³⁾. Der gallertartige Inhalt der Blase

wicklungszustande hat auch Sanio (Bot. Zeitung, 1856, Sp. 182, Taf. VI, Fig. 15) an frischem Material angegeben.

¹⁾ Hier wieder Russow l. c.: „Bald nachdem die Sporenmembran aufgetreten, wird die Specialmutterzellhaut nicht mehr von Wasser zerstört, sondern sie schwilzt in demselben fast um das doppelte an, die Sporenzellen in Form einer hyalinen, nach aussen sehr scharf und dunkel contourirten Schicht umgebend, dem Ansehen nach genau der hyalinen Hülle der Marsilia Makrosporen entsprechend Ihrer Oberfläche adhärt meist, entweder am ganzen Umfang oder stellenweise, farbloses Protoplasma“.

²⁾ Vergl. die ganz richtige Abbildung bei Sachs l. c. Fig. 286, D, E, F.

³⁾ Nach Hofmeister l. c. p. 285, färben sich auf diesem Entwicklungs-zustande mit Chlorzinkjod alle drei Membranen blau, die mittelsten am frühesten und intensivsten, die innerste nur sehr schwach.

wandert somit zum grossen Theil zwischen Mittel- und Innen- schicht ein. Die Aussenhaut hängt, wie aus ihrer Anlage schon folgt, an keiner Stelle mit der Mittelhaut zusammen, doch werden beide in gegenseitiger Lage durch die zwischenliegende Gallerte erhalten. Die Aussenhaut hat inzwischen an Dicke zugenommen, durch Wachsthum von aussen. Von diesem Wachsthum sind aber bestimmte Stellen ausgeschlossen geblieben. Diese Stellen werden später vollständig resorbirt, sie sind es, welche die Trennung der Aussenhaut in zwei, nur an einer Stelle übers Kreuz zusammenhängende Bänder (die Elateren) bedingen (Taf. VIII, Fig. 127).

Bei weiterer Ausbildung der Sporen bis zur Reife wird die ganze, dieselben umgebende, das Sporenfach füllende, Plasma- masse sammt körnigen Einschlüssen verbraucht.

Berührt sei nur noch, dass die Elateren an Breite und Dicke längere Zeit zunehmen, was Sanio¹⁾ und Hofmeister²⁾ zu Gunsten des Wachstums durch Intussusception deuten, was aber auch durch Auflagerung von aussen erfolgen kann.

Die beiden fertigen Elaterenbänder färben sich mit Chlor- zinkjod schmutzig violett, doch nur in ihrem inneren Theile, während der äussere farblos bleibt. Beide Theile sind fast gleich dick und nicht scharf gegen einander abgegrenzt. Die Mittel- und Innenhaut liegen einander jetzt an und färben sich gelb. Schwefelsäure löst die Elateren, die Mittelhaut hebt sich von der Innenseite ab. Der protoplasmatische Inhalt in Alcohol gehärteter Sporen quillt in Schwefelsäure, von aussen nach innen fortschreitend, wobei die gequollenen Theile radiale Structur annehmen. Der mittlere Theil des Inhalts bleibt entweder unverändert, oder die Veränderung erstreckt sich auch auf denselben. Eine vierte innerste Haut, die Hofmeister³⁾ gesehen haben will, konnte ich nicht finden. Auch giebt Hofmeister an, diese Haut sei nur nach aussen hin scharf begrenzt, nach innen zu gehe sie allmählich in eine Schicht halbfester Gallerte über und werde erst während der Keimung zu einer festen Haut. Dass während der Keimung hier aber auch eine neue Haut (Intine) gebildet werde, ist mehr als wahrscheinlich.

¹⁾ Bot. Zeitung, 1856, Sp. 194 u. 1857, Sp. 664.

²⁾ I. c. p. 287.

³⁾ I. c. p. 289.

Das allerhöchste Interesse verdient die Hautbildung an den kleinen und grossen Sporen von *Marsilia*. An Alcoholmaterial liess sich der ganze Vorgang Schritt für Schritt verfolgen.

Die Mutterzellen der Sporen von *Marsilia Ernesti* liegen, wie die gleichaltrigen Sporen von *Equisetum*, in Höhlungen einer protoplasmatischen Substanz (hier schon als Epiplasma früher hervorgehoben) eingebettet. Diese Substanz ist hier in etwas geringeren Mengen als bei *Equisetum* vertreten und zeigt eine kammerige Structur. Dieses Plasma stammt aus zwei Lagen von Tapetenzellen¹⁾), die Zellkerne in demselben sind leicht nachweisbar, außerdem führt es nur kleine, den Kammerwänden eingelagerte Körnchen. Die Wandung des Sporangiums bleibt, nach Auflösung der Tapetenzellen, einschichtig zurück und führt reichlich Stärke in den Zellen. Die Hohlräume, in welchen der Mutterzelleninhalt liegt, verdanken, wie bei *Equisetum*, den aufgequollenen Mutterzellwänden ihre Entstehung. Der Inhalt theilt sich in derselben Weise wie bei *Equisetum*. Die entstandenen Tochterzellen trennen sich ebenso auch von einander und liegen nun in den durch Quellung der Wände der Tetrade erzeugten Räumen; diese Räume sind übrigens nicht so gross wie bei *Equisetum*. Das umgebende Protoplasma ist weniger scharf gegen den Hohlraum abgegrenzt. An meinem Alcohol-Material erscheinen die jungen Sporen alsbald meniskiformig gestaltet, sie erhalten eine eigene zarte Haut, das Exospor (Taf. VIII, Fig. 128). Diese Haut wird stärker und beginnt sich alsbald zu bräunen. An der concaven Seite der Sporen wird die beginnende Anlage von drei vorspringenden Verdickungsleisten bemerkbar (Taf. VIII, Fig. 128). An den Stellen, wo diese Leisten unter Winkeln von 120° zusammenstossen, ist ein Höcker („Stachelspitzchen“) vorhanden. Die Sporenhaut hat eine messbare Dicke erreicht und die drei Leisten angelegt, bevor die Bildung des Epispor beginnt (Taf. VIII, Fig. 129). Russow schildert den Vorgang folgender-

¹⁾ Vergl. auch Russow. Vergl. Untersuchungen, p. 46 ff., Taf. IV, Fig. 70.

²⁾ Russow l. c. p. 58, schreibt hierüber: „Die Sporen, von ihrer Special-mutterzellmembran, wie von einer hyalinen, gleichmässigen Schicht umgeben, sind nicht vollkommen kuglich, sondern zeigen an der Stelle, wo die 3, unter Winkeln von 120° , zusammenstossenden Leisten, wie bei den Makro-

maassen¹): „Nachdem die Hülle fast den Umfang der reifen Sporen erreicht hat, wird an ihrer ganzen Oberfläche eine farblose, doppelt contourte Membran sichtbar, die bald im optischen Durchschlitt zur Oberfläche rechtwinklig gestreift, von oben betrachtet aus einem sehr feinen Maschenwerke zusammengesetzt erscheint, mithin eine Differenzirung in sehr kurze Prismen wahrnehmen lässt.“ Ich fand in der That, dass auch hier, wie bei Equisetum, das Epispor an der Oberfläche der gequollenen Tochterzellwand aus der Hautschicht des umgebenden Protoplasma, die sich mit aneinander gereihten Mikrosomen füllt, hervorgeht. Die Bildung des Epispors beginnt an der convexen Seite der Spore und greift von hier aus allseitig um dieselbe herum (Taf. VIII, Fig. 129, 130, 131, 132). Die rasch an Dicke zunehmende Wand zeigt sich im optischen Durchschnitt aus radial gestellten, einander fast berührenden Stäbchen zusammengesetzt, von oben erscheint sie als ein sehr enges Netzwerk. Die Wand bleibt während ihres ganzen Wachsthums von einer mikrosomenhaltigen Hautschicht umgeben (Fig. 131). Die Mikrosomen liegen oft deutlich in der Verlängerung der Stäbchen. An der die Leisten tragenden Seite der Spore bleibt die Wand dauernd dünner²) (Fig. 132). Ist deren Bildung vollendet, so nimmt sie einen braunen Ton an. Die Spore vergrössert sich so weit, bis dass ihr Exospor das Epispor allseitig erreicht.

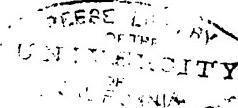
Nunmehr folgt aber, von dem umgebenden Protoplasma aus, noch die Bildung einer äusseren Episporschicht, welche von der inneren in Structur und Farbe abweicht. Die Schicht, Gallertschicht von Russow (l. c.) genannt, wird dem braunen runden Epispor aufgesetzt und zeichnet sich durch ihre Farblosigkeit und Quellbarkeit aus. Russow giebt an³), in dieser Gallerthülle seien, so lange sie in Bildung begriffen, ziemlich stark lichtbrechende Körper vorhanden, die senkrecht

sporen, in ein Stachelspitzchen ausgehen, eine deutliche Depression“. So an frischem Material unter Wasser. Russow giebt auch an: „die Spore liege in der Blase excentrisch, nahe der Peripherie der Hülle gerückt und an dieser mit ihrem Stachelspitzchen befestigt“. An Alcohol-Material war ähnliches nicht zu constatiren.

¹) l. c. p. 59.

²) So auch Russow l. c. p. 59.

³) l. c. p. 59.



zur Oberfläche der Prismenschicht (des inneren Epispor) gestellt, dieser wie aufgesetzt erscheinen. Mir fehlten die entsprechenden Entwicklungszustände und habe ich die äussere Schicht des Epispor nur in fertigem Zustande gesehen. Meine in Glycerin untersuchten Alcohol-Präparate zeigten mir dieselbe etwas gequollen, mit glänzenden kleinen Körnchen in dem inneren Theile durchsetzt, sonst structurlos.

In Chlorzinkjodlösung quoll die Gallertschicht sehr stark, blieb aber ohne Structur und Farbe.

Russow hat in Spätlingsfrüchten abnorme Fälle beobachtet, in denen je zwei, seltner drei, in wenigen Fällen vier Sporenzellen, genau von der Grösse und dem Aussehen der normalen Mikrosporen, lose neben einander liegend, von einem gemeinsamen normalen Episporium umgeben waren¹⁾. Eine nachträgliche Theilung der Sporen innerhalb des Epispor war hier ausgeschlossen und nur die Annahme gerechtfertigt, dass sich ein gemeinsames Epispor um die verschmolzenen, gequollenen Tochterzellwände gebildet habe.

Wie schon Russow hervorhebt²⁾, zeigt die Bildung der Mikro- und Makrosporen grosse Uebereinstimmung. Bis zur Anlage der Tetraden ist die Entwicklung beider vollkommen gleich. Während dann aber alle vier Zellen einer Mikrosporentetrade sich von einander trennend, zur weiteren Entwicklung gelangen, bleiben die vier Zellen jeder Makrosporentetrade verbunden und verkümmern bis auf eine, die zur vollen Ausbildung kommt³⁾. Die fast kugeligen jungen Sporen umkleiden sich mit einem sehr zarten Exospor, das alsbald auch dieselben drei, wenn auch schwachen, Verdickungsleisten wie die Mikrosporen zeigt. Der Vorsprung an der Vereinigungsstelle der drei Leisten, „das Stachelspitzchen“ wird hier bedeutend länger und bleiben die vier Schwesterzellen durch dasselbe vereinigt. An mehreren Tetraden, oder gleich nur an einer, beginnt nun bei Marsilia Ernesti eine Zelle stärker zu wachsen⁴⁾; ihre drei Schwesterzellen abortiren. Um die wachsende Schwesterzelle sieht man gleichzeitig die farblose

1) l. c. p. 60.

2) l. c. p. 61.

3) Vergl. auch Russow p. 52.

4) Russow sieht eine, seltener zwei, in einigen Fällen drei Blasen im Sporangium, doch entwickelt sich stets nur eine weiter (l. c. p. 54).

Hülle sich bedeutend vergrössern. Diese Hülle, welche hier, wie im Mikrosporangium, die Mutterzellen und dann auch die Tochterzellen umgab und deren Quellung zuvor schon die bedeutende Verlängerung der die Schwesterzellen vereinigenden Stachelspitzchen veranlasste, wächst, wie schon gesagt, um die sich vergrössernden Sporen ganz bedeutend an. Gleichzeitig schwinden die Hüllen um die drei anderen Schwesterzellen, doch nehme ich an, dass sie resorbirt werden, nicht aber, wie Russow¹⁾, dass sie die drei abortirenden Sporen verlassen um die Hülle der entwicklungsfähigen Sporen zu vergrössern²⁾. In der That muss aber eine Ernährung der Hülle vom umgebenden Protoplasma aus erfolgen, damit sie um die definitiv sich weiter entwickelnde Spore schliesslich eine so bedeutende Grösse erreichen könne. Sehr bald wächst bei Marsilia Ernesti nur noch eine einzige Spore weiter, die anderen bleiben auf relativ jungen Zuständen stehen. Es scheint eine der Mitte der Sporangiums nächste Tetradie zu sein, für welche die Bedingungen der Entwicklung besonders günstige sind und deren eine Zelle somit schliesslich zur Alleinherrschaft gelangt. Sie stellt sich genau in die Mittellinie und kehrt die sterilen Zellen der Sporangiumbasis zu. Während dessen nimmt das Sporangium eine ovale Form an. Ein solches Stadium zeigt unsere Fig. 134, Taf. VIII. Das aus den Tapetenzellen stammende Protoplasma sammelt sich um die anwachsende Hülle und die abortirten Schwesterzellen. Gleichzeitig zieht es sich von der Wand des Sporangiums in der Art zurück, dass es an derselben nur noch weite Kammern bildet. Es fällt auch auf, dass alle Zellkerne des umgebenden Protoplasma der Oberfläche der Hülle und der zugehörigen, abortirenden Schwester-

¹⁾ l. c. p. 53.

²⁾ Für frisches Material giebt Russow an (l. c. p. 53): Die aus den Specialmutterzellen hervorgegangene Hülle besteht aus einer farblosen, sehr stark lichtbrechenden, dünnen Flüssigkeit, die von einer äusserst dünnen, einfach contourirten Haut nach aussen begrenzt ist, denn zu wiederholten Malen wurde beim Eintrocknen des Präparates ein plötzliches Bersten und Zusammensinken einer sich faltenden Membran nach dem rapiden Austritt einer stark lichtbrechenden Flüssigkeit beobachtet; ferner sinkt auf Zusatz von wasserentziehenden Mitteln, besonders Chlorzinkjod, die hyaline Hülle fast momentan zusammen, kaum eine Spur hinterlassend. — Auf späteren Zuständen (p. 54) scheint die zarte, die hyaline Flüssigkeit umschliessende hautartige Schicht ganz zu schwinden.

zellen sich anlagern. Der Hülle liegen die Zellkerne flach, in ziemlich regelmässigen Abständen, an (Fig. 137 b, 138, Taf. VIII). Das feinkörnige Protoplasma zwischen denselben zeigt eine gegen die Oberfläche der Hülle senkrechte Anordnung. Diese ganze, die Zellkerne führende Plasmaschicht fällt schon bei schwacher Vergrösserung durch grössere Dichte und dunklere gelbraune Färbung auf; die Höhe der Kerne bestimmt ihren äusseren Umriss (Fig. 137 b, 138). Das am Scheitel der wachsenden Spore angesammelte Protoplasma umhüllt, wie schon hervorgehoben, auch die sterilen Schwestierzellen. Hier zeigt es keine bestimmte Anordnung seiner Körnchen und auch seine Zellkerne sind unbestimmt vertheilt. Die junge Spore verharrt am Scheitel an der Peripherie der Hülle, die sie mit verlängerten Stachelspitzchen durchsetzt, um mit ihren Schwestierzellen in Verbindung zu bleiben. Sie hat auf dem Stadium der Figur 134 noch kugelige Gestalt, wird aber alsbald länglich und zeigt dann gleichzeitig eine gelinde Einschnürung in der Mitte, so dass sie im optischen Durchschnitt bisquitförmig erscheint (Fig. 135, 136, Taf. VIII). Das zarte Exospor ist zunächst noch leicht an der Spore zu sehen; bei weiterer Vergrösserung derselben hört dies jedoch auf möglich zu sein. Der Zellkern der Spore bleibt in deren Scheitel und ist hier unschwer mit färbenden Mitteln nachzuweisen (Fig. 139 b¹⁾); er zeigt sich öfters etwas eingeschnürt. Der protoplasmatische Reichthum der Spore ist nur ein geringer; er beschränkt sich auf einen dünnen Wandbeleg und eine schwache Ansammlung in den beiden, namentlich aber dem vorderen (nach unten gekehrten) Ende.

Die Bildung des Epispors beginnt etwa auf dem Stadium der Figur 139 a, nämlich kurz bevor die Spore mit ihrem unteren Ende die Oberfläche der Hülle erreicht hat. Die erste Anlage des Epispors hier ist nicht anders, als diejenige des Epispors der Mikrosporen, doch in vieler Beziehung instructiver, denn es gelingt hier unschwer, Stadien aufzufinden, in denen die mikrosomenhaltige Hautschicht sich als dünnes Häutchen von dem angrenzenden Plasma ablöst (Fig. 139 c). Wegen der grossen Ausdehnung dieses Häutchens ist es relativ leicht festzustellen, dass die dicht aneinander gereihten Mikrosomen eine

¹⁾ Russow giebt an: ein Kern sei in keinem Falle wahrzunehmen (p. 55).

einfache Schicht in demselben bilden. Auf dem nächsten Zu-
stande sind die Mikrosomen verschwunden und man findet ein
homogenes Häutchen, dem von aussen alsbald radial gerichtete
Wände aufgesetzt werden (Taf. VIII, Fig. 140). Auf diesem
wie auf den folgenden Stadien trennt sich die in Bildung be-
griffene Haut leicht von dem angrenzenden Protoplasma ab.
Die Dickenzunahme derselben zeigen die Figuren 141—145,
Taf. VIII. Flächenansichten lehren, dass es sich um die Bildung
eines polygonalen Netzwerkes mit regelmässigen, vorwiegend
fünf- bis sechseckigen Maschen handelt und dass die radialen
Streifen der Querschnitte die Wände dieser Maschen sind.
Man hat dieses Netzwerk, das hier eine so bedeutende Höhe
erreicht, als Prismenschicht bezeichnet. Leicht ist es festzu-
stellen, dass während der ganzen Dickenzunahme der Wand
die Mikrosomen des anstossenden Protoplasma im Querschnitt
radiale Anordnung zeigen und dass die Radien derselben auf
die radialen Wände des Netzes stossen; in Flächenansicht
bilden dementsprechend die Mikrosomen auch ein der Wand-
verdickung entsprechendes Netz, das freilich aus manchen
Gründen, vornehmlich der dicht gelagerten Zellkerne wegen,
nicht so deutlich ist. Die Zellkerne behalten ihr ursprüng-
liches Lagerungsverhältniss an der fortwachsenden Wand. Die
radial gereichten Mikrosomen zeigen auch, wie zuvor, mit den
Zellkernen gleiche Höhe und so sieht es denn aus, als wenn die
betroffene Plasmaschicht mit der fortwachsenden Wand fort-
rücken möchte, während sie tatsächlich an ihrem inneren Rande
in der Bildung der Wand aufgebraucht, von aussen aber stetig
ergänzt wird. Sieht man nämlich von dem individuell ver-
schiedenen Gehalt an Protoplasma der einzelnen Sporangien
ab, so ist im Allgemeinen festzustellen, dass die Plasmamasse
um die Spore abnimmt in dem Verhältniss, als die Wand der-
selben wächst. So wird schliesslich der Zustand der Figur 145,
Taf. VIII, erreicht und die Bildung der Prismenschicht alsbald
vollendet¹⁾. Beim Abschluss derselben wird eine dünne, doch

¹⁾ Russow beschreibt die Bildung des Epispor folgendermassen: An der ganzen inneren Peripherie der Protoplasmablase, mit Ausnahme einer kleinen kreisförmigen Stelle an dem basischen Ende der Spore, tritt plötzlich eine in zwei Schichten differenzierte, verhältnismässig äusserst dicke, hellbraun tingirte Membran auf, welche nach innen scharf abgegrenzt ist, nach aussen sich ohne scharfe Grenze in das umgebende Protoplasma verliert.

continuirliche Membranschicht erzeugt, welche die „Prismen“ nach aussen abschliesst. Die Prismen sind mit schwach lichtbrechender substanzarmer Flüssigkeit erfüllt; schon während der Entwicklung, in den noch offenen Prismen, werden kleine lichtbrechende Körnchen sichtbar.

Den Abschluss der Entwicklung der Sporenhaut sollen uns die Figuren 147 – 149, Taf. VIII, vorführen. Dieselben sind

Von den beider Schichten der Membran ist die innere structurlos und von sehr geringer Mächtigkeit, die äussere aus sechsseitigen, radial gestellten, dünnwandigen und mit granulirter Flüssigkeit erfüllten Prismen zusammengesetzt von einer Dicke, welche dem dritten Theil der definitiven Mächtigkeit dieser Schicht gleichkommt (p. 55). Und weiter: „Sobald durch Anschneiden des Sporangiums und sanften Druck auf dasselbe die Protoplasmablase in das umgebende (destillirte) Wasser gelangt, wird das bräunliche Protoplasma unter Bildung zahlreicher Vacuolen in wenigen Minuten farblos, desgleichen die braune „Hüllmembran“ entfärbt, die nun in allen Einzelheiten auf's Schärfste sich zu erkennen giebt und den Einblick in die bisquitförmige Spore nicht im Mindesten stört; die sehr schmale innere Schicht und die Prismen der äusseren Schicht, der die vacuolige Protoplasmamasse stark adhärit, treten aufs Schärfste hervor. Nach Verlauf von noch einigen Minuten werden sämmtliche Contouren undeutlich und bald ist die ganze Hüllmembran in eine farblose, dem vacuoligen Protoplasma gleichförmige Masse aufgelöst.“ Aus dieser Angabe geht also hervor, dass das junge Epispor sehr empfindlich gegen Wasser ist und von demselben desorganisiert wird. „Diese Eigenschaft der Hüllmembran,“ meint Russow (p. 56), „und der Umstand, dass dieselbe in ihrer beträchtlichen Dicke und hohen Differenzirung fast simultan gebildet wird, ferner die mit dem umgebenden Protoplasma gleiche Färbung und das Erblassen beim Liegen im Wasser, machen es mehr als wahrscheinlich, dass die Hüllmembran nicht nur ihre Entstehung der Protoplasmablase verdankt, sondern vielmehr die innerste, differenzierte Schicht derselben ist, oder deutlicher: dass die Hüllmembran nicht an der inneren Peripherie der Protoplasmablase ausgeschieden wird, analog der gewöhnlichen Membranbildung an der äusseren Oberfläche einer Protoplasmablase, sondern dass sie durch Differenzirung innerhalb der Substanz des Protoplasma selbst gebildet wird.“ Wir konnten dahingegen an den Alcoholpräparaten sehen, dass die erhärtete Episporanlage von Anfang an sich anders als das umgebende Protoplasma verhält, dass sie nicht durch Differenzirung innerhalb der Substanz des Protoplasma entsteht, vielmehr wie andere Membranen wächst. — Nachdem die Hüllhaut die halbe definitive Mächtigkeit erreicht, soll sie nach Russow (p. 56) nicht mehr vom Wasser aufgelöst werden. — Die Spore steckt ganz lose in der ellipsoidischen Hüllmembran, durch geringen Druck auf das akroskopie Ende wird sie mit einem Ruck herausgeschleudert, begleitet von der hyalinen Flüssigkeit. Die Eigenschaft letzterer, begierig Wasser aufzunehmen, scheint die Ursache des Heraus-schleuderns der Spore zu sein.

der *Marsilia diffusa* entnommen, da mir für *Marsilia Ernesti* so weit vorgerückte Stadien zur Zeit fehlten. An dem in Fig. 149 dargestellten Längsschnitte durch eine fast reife Makrospore sieht man, dass die Prismenschicht sich am Scheitel der Spore auskeilt; sie bildet dort nur eine ganz dünne Lage. Der Scheitel der Spore wird noch immer von den abgestorbenen Schwesternzellen gekrönt, das Protoplasma aber, das den Scheitel umgab, ist mehr oder wenig verbraucht worden. Auf die Oberfläche der Prismenschicht ist als neues Hautgebilde die sogenannte Gallerthülle¹⁾ aufgesetzt worden und zwar befindet sich dieselbe in der angeführten Figur noch in Bildung. Das Epispor der *Marsilia* besteht somit aus der Prismenschicht und der Gallerthülle, die wir als inneres und äusseres Epispor unterscheiden können. Jüngere Zustände als derjenige der Fig. 149, Taf. VIII, zeigen uns, dass auf die Fertigstellung des inneren Epispor eine längere Ruhepause folgt und dass erst, nachdem das innere Epispor sich braun gefärbt hat, die Bildung des äusseren Epispor anhebt. Dieses äussere Epispor wird ganz in derselben Weise wie das innere erzeugt, es setzt an die Oberfläche des inneren Epispor an und wird von ganz derselben, Zellkerne führenden Plasmaschicht gebildet²⁾, in der jetzt aber die radiale Anordnung der Mikrosomen fehlt. Das Product ist völlig verschieden, denn das äussere Epispor ist farblos durchsichtig und auch von anderem Bau. Es wird nur um den oberen Theil der Spore kräftig entwickelt und bildet hier einen Kragen, bleibt hingegen schwach an allen anderen Stellen. Der angeschwollene Theil geht allmälig in den schwachen über. Am Scheitel der Spore fehlt das äussere Epispor vollständig. Im Kragen lässt es eine Schichtung und auch die Schichten rechtwinklig durchsetzende feine Streifen,

¹⁾ Russow l. c. p. 56.

²⁾ Es tritt jetzt, schreibt Russow (l. c. p. 56), nach aussen von der Prismenschicht und ihr dicht anliegend, eine hyaline, dünne Schicht auf, die sich ohne scharfe Grenze in das umgebende vacuolige Protoplasma verliert; während des Liegens im Wasser schwillt sie wenig, doch sichtbar auf, aus ihr geht die bekannte Gallerthülle der Makrospore hervor. — Aus meinen Alcohol-Präparaten ist die Gallerthülle während ihrer Entstehung scharf gegen das umgebende Protoplasma abgesetzt. — Später schwillt, schreibt Russow (p. 57), die äussere Schicht der Hülle im Wasser zu einer tangential geschichteten Gallerthülle auf, besonders stark in der Umgebung des basiskopen Endes.

jedenfalls feine Poren, erkennen. Die Streifen markiren sich besonders in dem inneren Theile des Kragens, setzen unmittelbar an das innere Epispor an. An den Rändern und im äusseren Theile des Kragens kommt die Schichtung besonders zur Geltung. An den anderen dünnen Stellen ist weder von der Schichtung noch radialen Streifung etwas zu sehen. In der Bildung des äusseren Epispors wird die ganze noch disponible Plasmamasse verbraucht, zum Schluss zerfallen die Zellkerne in Körner. Das äussere Epispor ist stark quellbar; mit Chlorzinkjodlösung gelang es, das äussere Epispor nach längerer Einwirkung schön violett zu färben, während das innere Epispor von Anfang an mit Chlorzinkjodlösung nur gelb wurde. An der reifen Spore werden die Umrisse der Prismen unregelmässig; sie greifen wellenförmig in einander, wie die Flächenansicht Fig. 148, Taf. VIII, zeigt. Zarte Längsschnitte geben das Bild Fig. 147. Man sieht, dass die Wände auch in der Längsrichtung verbogen sind, an der Basis der Prismen wird die Wellung besonders stark und unregelmässig, hier verlieren sich die Wände schliesslich in einer körnigen, weiterhin fast homogenen Masse; am Scheitel der Prismen wird die Wand lichtbrechender, etwas stärker und resistenter. Somit sind hier, nach vollzogener Anlage, ziemlich tief greifende Veränderungen in der Prismenschicht vor sich gegangen¹⁾. Dieselbe nahm gleichzeitig in den äusseren Theilen einen bräunlichen, in den inneren Theilen einen gelbbraunen Farbenton an²⁾.

Die Spore (Fig. 149, Taf. VIII) hatte in ihrem Innern nur wenig Plasma aufzuweisen, ihr Zellkern war leicht zu finden. Auf nächstfolgenden Stadien füllen sich die Sporen dicht mit grossen Stärkekörnern an. Wie schon hervorgehoben wurde, lässt der Sporenhalt, bevor er das Epispor erreicht, eine chemisch differente Membran nicht erkennen, wohl aber wird eine solche sichtbar, nachdem sich das Sporenpulpa dem Epispor anlegte. Die jetzt gebildete Membran, ihrer Ent-

¹⁾ Die Hüllhaut, schreibt Russow (l. c. p. 57), durch Chlorzinkjod sich braun färbend und äusserst resistent gegen Säuren und Alcalien, hat eine feste, zähe Consistenz erlangt; sie lässt sich wie ein Stück Kautschuk recken und zerriest erst nach sehr starkem Zerren.

²⁾ Ich finde erst im fertigen Zustande die Differenzirung des inneren Epispors in die äussere prismatische und innere structurlose Schicht, während Russow beide sofort bei der Anlage entstehen lässt (l. c. p. 55). *

stehung nach der Intine vergleichbar, ist übrigens sehr dünn, stärker nur am Scheitel der Spore, namentlich unterhalb der Stellen, wo der Kragen aufhört, entwickelt. Hier gelingt es leicht, diese Haut mit Chlorzinkjodlösung blau zu färben¹⁾.

Die abortirten Tetraden bleiben sehr lange erhalten, man findet sie noch zu der Zeit, wo die innere Membran gebildet wird.

In derselben Frucht von *Marsilia Ernesti* kommen ziemlich verschiedene Entwicklungszustände der Sporangien neben einander vor, das Reifen der Mikro- und Makrosporangien hält anähernd gleichen Schritt.

Bei völliger Reife der Makrospore füllen sich die Prismen des inneren Epispor mit Luft; dadurch bekommen sie, wie Russow bereits hervorhebt, ein atlasartiges Aussehen und werden befähigt, auf der Oberfläche des Wassers zu schwimmen, in welchem unreife Sporen untersinken.

Das Epispor an den Makrosporen von *Salvinia natans* wird in ganz ähnlicher Weise wie bei *Marsilia* gebildet.

Eine Entwicklungsgeschichte der Makrosporen verdanken wir Juranyi²⁾. Im Unterschied von *Marsilia* finden wir die Makrosporen hier nicht in farblose Substanz eingebettet. Auch nimmt an der wachsenden Makrospore die Dicke des Exospors zu, so dass es schliesslich eine dicke, gelbliche, bei Schwefelsäurezusatz röthlichbraun sich färbende und dann auch deutliche Schichtung zeigende Haut bildet. An einer, meist nach dem Sporangiumscheitel zu orientirten Stelle dieser Haut sind drei, in gewohnter Weise unter Winkel von 120° oder vier X formig orientirte Leisten zu sehen. Das schaumige Epispor wird in derselben Weise wie bei *Marsilia* aus dem, um die Makrospore sich ansammelnden, den Tapetenzellen entstammenden Protoplasma erzeugt. Auch hier bildet dies Plasma um die Makrospore eine dunklere Schicht, der die Zellkerne eingelagert

¹⁾ So gibt auch Russow (l. c. p. 57) an, die mit der Hüllhaut verwachsene Membran der Spore, das sog. Endosporium, werde jetzt auf Zusatz von Chlorzinkjod blau bis violett gefärbt, ebenso färbe sich die Gallerthülle, besonders intensiv in den innersten Schichten in der Umgebung des basiskopen Endes, die innere und Prismenschicht der Hüllhaut würden nach wie vor gelb bis braun tingirt.

²⁾ Ueber die Entwicklung der Sporangien und Sporen der *Salvinia natans*, 1873.

sind, und die eine radiale Anordnung der Mikrosomen verräth. Das Epispor wird an der Innenseite dieser Plasmaschicht gebildet und in dem Maasse, als es an Höhe zunimmt, rückt die Plasmaschicht nach aussen. Während der ganzen Entwicklungszeit ist es ein Leichtes, die Plasmaschicht von der Aussenfläche des Epispor zu trennen. Das Epispor setzt direct an das dicke Exospor an. Es zeigt bekanntlich keine regelmässig prismatische, vielmehr eine unregelmässig kammrige Structur. Die Kammern scheinen mit einer dünnflüssigen Substanz erfüllt zu sein. An den Kammerwänden sieht man häufig glänzende Körnchen. Diesem Bau gemäss grenzen während der Entwicklung an die bildende Plasmaschicht zum Theil offene, zum Theil geschlossene Kammern an. Schliesslich wird die ganze Plasmaschicht in der Bildung des Epispor verbraucht¹⁾. Zuletzt schwinden die Kerne. Das Episplasma zeigt keinen glatten Contour, vielmehr Erhöhungen und Vertiefungen, verursacht durch das mehr oder weniger starke Vorspringen der abgerundeten Aussenwände der einzelnen Kammern. Nach dem Scheitel und gegen die Basis des Sporangiums hin ist das Epispor stärker und springt namentlich an der erst genannten Stelle kegelförmig vor. Hier erscheint es auch in Lappen getheilt²⁾, deren Trennungsflächen mit den Leisten an dem Exospor correspondiren. Die Makrospore ist hier somit umgekehrt als bei *Marsilia orientirt*³⁾.

Chemischen Reagentien gegenüber verhält sich das Epispor von *Salvinia* ganz ebenso wie die Prismenschicht von *Marsilia*.

Die Mikrosporen von *Salvinia natans* werden bekanntlich durch eine schaumige Substanz verbunden. Diese Substanz zeigt in ihrem Bau eine nicht geringe Aehnlichkeit mit dem Epispor, nur dass ihre Kammern unregelmässiger contouirt

¹⁾ Juranyi gibt über diesen Vorgang an: In der plasmatischen Hülle der Makrosporen nimmt die Zahl der in derselben zerstreut liegenden und zuvor verhältnismässig nur in geringer Menge vorhandenen Vacuolen zu; sie treten immer zahlreicher auf, nähern sich immer mehr, in Folge dessen das Plasma bald sehr stark aufgebläht erscheint, ein schaumartiges Aussehen bekommt und endlich nach der völligen Ausbildung ein aus sehr kleinen Zellen bestehendes Gewebe zu sein scheint.

²⁾ Vergl. auch Juranyi l. c. p. 17.

³⁾ Vergl. auch Hofmeister. Vergl. Unters., p. 108, und die Abbildungen bei Pringsheim, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. III, Taf. XXVII.

sind und sehr verschiedene Grösse zeigen. Russow¹⁾ glaubte sicher die Uebereinstimmung beider Gebilde annehmen zu können und stützte sich hierbei auf ältere Untersuchungen von Mettenius²⁾. Auch Juranyi³⁾ giebt an, die plasmatische Masse zwischen den Mikrosporen erleide dieselben Veränderungen, wie die Hülle der Makrospore und zeige auch im vollständig entwickelten Zustande als Zwischenmasse der Mikrosporen einen dem Episporium der Makrospore vollkommen entsprechenden Bau.

Nichts desto weniger werden wir sehen, dass beide Substanzmassen eine verschiedene Entwicklungsgeschichte zeigen.

Wegen der ersten Stadien der Entwicklung verweise ich hier auf Juranyi (l. c.). Zur Zeit, wo die jungen Mikrosporen durch Auflösen ihrer Mutterzellen frei werden, giebt die doppelte Schicht der Tapetenzellen ihre Selbständigkeit auf und wandert zwischen die jungen Sporen ein. Die Kerne der Tapetenzellen vertheilen sich gleichmässig in der ganzen Plasmamasse, die mit den Sporen zusammen jetzt einen centralen Ballen im Sporangium bildet und nur durch einzelne Fortsätze mit der einschichtigen Sporangiumwand noch zusammenhängt. Um die jungen Mikrosporen fehlen gequollene Hüllen ebenso wie um die Makrospore. Die Sporen zeigen vielmehr das einfache Exospor, das sich alsbald gelb zu färben beginnt. Kurz vor der Reife, nachdem die Sporangien und auch die Sporen an Grösse bedeutend zugenommen, wird die Zwischensubstanz in der definitiven Consistenz ausgebildet, sie entsteht hier durch direkte Umwandlung des Protoplasma; dasselbe erhärtet zu der Zwischenmasse. Dieses Protoplasma zeigte sich in jüngeren Sporangien ziemlich dicht; in älteren bekam es grosse und kleinere Vacuolen und vertheilte sich gleichmässiger im ganzen Sporangiumraum. Die Zellkerne liegen deutlich in den Netzen von dichter angesammeltem Protoplasma umgeben. Hierauf beginnt die Veränderung. Die Zellkerne sind auch auf vorgerückteren Stadien derselben noch zu unterscheiden; sie verlieren allmälig ihre ursprüngliche Gestalt und zerfallen in Körner, welche sich auf den Kammerwänden vertheilen und schliesslich

¹⁾ Vergl. Unters. etc., p. 67.

²⁾ Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen, 1846.

³⁾ l. c. p. 19.

schwinden. Das Alles ist sehr schön und leicht zu sehen bei Behandlung der in Alcohol gehärteten Sporangien mit Schwefelsäure. Dieselbe macht das Bild durchsichtiger, ohne es zu zerstören. In der Zwischensubstanz direct eingebettet, liegen die Sporen, an den Alcohol-Präparaten meniskenförmig, deutlich die drei Leisten auf der concaven Seite zeigend. Die Zwischensubstanz und ebenso auch die Mikrosporenhäute färben sich in Schwefelsäure und in Chlorzinkjodlösung gelbbraun, das Epispor in beiden Reagentien in derselben Farbe. Die Substanz beider mag also nicht wesentlich verschieden sein, doch entsteht die Zwischensubstanz der Mikrosporen als directe Umwandlung des Protoplasma mit einem Mal, das Epispor nach Art von Membranen an der Oberfläche des Plasmakörpers, allmälig fortschreitend. Freilich sind wir auch bei dieser fortschreitenden Bildung der Membranen zu dér Ueberzeugung gekommen, dass sie nicht Ausscheidungsproducte, vielmehr Umwandlungsproducte des Protoplasma sind, so dass der Unterschied beider Bildungen nur ein relativer wird.

Von grossem Interesse würde es noch sein, bei vorhandenem Material die Entwicklungsgeschichte des Epispor um die Makrospore von Azolla und zwar mit besonderer Berücksichtigung der Schwimmapparate zu verfolgen; ebenso auch die Entwicklungsgeschichte der Glochiden an den Massulae.

Im Anschluss an diese Schilderungen wird es vielleicht nicht unbegründet erscheinen, wenn ich mir erlaube, eine gleichmässigere Terminologie für die Bezeichnung der einzelnen, entsprechenden Theile an den Häuten der Pollenkörner und Sporen vorzuschlagen. Da die Namen Endospor, Exospor, Epispor wegen ihrer Endigung nicht für Pollenkörner zu brauchen sind, so wird es sich vielleicht empfehlen, an das bereits gegebene anknüpfend, die Bezeichnungen Intine und Exine zu verallgemeinern, doch mit der wohltonenderen Endigung auf um, als Intinium, Exinium und sie durch Epinium, besser Perinium zu vervollständigen. Diese Bezeichnungen werden in den meisten Fällen zur Verständigung ausreichen, ungeachtet der fast unzähligen Modificationen, welche im Aufbau der Pollen- und Sporenhaut gegeben sind.

In den normalen grossen Oogonien der Peronosporeen, über die ich hier nur referiren kann, bildet sich nach de Bary¹⁾ aus dem reichlich vorhandenen Periplasma um die reifende Oospore das Episporium.

Dass das Periplasma, wo vorhanden, dem aus den Tapetenzellen stammenden Protoplasma der höheren Pflanzen entspricht, ist zunächst klar.

De Bary möchte die aus demselben hervorgehende, der Zygote (Oospore) aufgesetzte Haut, die er früher Episporium nannte, jetzt als Exosporium bezeichnen; ich muss sie der vorgeschlagenen Terminologie nach als Perinium unterscheiden. Denn ich nenne „Exinium“ die erste als Ganzes zusammenhängende Haut der Sporen und Pollenkörner, Intinium eine zweite, innere Haut, die von der ersten getrennt ist, Perinium aber jede Haut, die den Sporen und Pollenkörnern von aussen aufgesetzt wird.

Der Bary hat die Bildung des Periniums an mehreren lebenden Peronospore-Arten direct unter dem Mikroskope verfolgt. „Bei Peronospora arborescens und intermedia tritt einige Stunden nach dem Erscheinen der festen Cellulosemembran um das befruchtete Ei, in dem sonst nicht merklich veränderten Periplasma etwas reichliche Abscheidung von Körnchen und unregelmässig gerundeten Ballen ein, manchmal erscheint auch eine oder die andere Vacuole. Später beginnt die körnig getrübte Masse, an nicht genau morphologisch bestimmten Orten sich grösstentheils von der Oogonienwand loszulösen und um die Oberfläche des Eies zu sammeln. Diese ist von einer Periplasmashicht vollständig umhüllt, von welcher breitere und schmälere Streifen radial zur Oogoniumwand verlaufen; letztere bleibt mit kleinen zerstreuten körnigen Resten des Periplasma — dauernd — besetzt, zwischen den Radialstreifen der letzteren ist klare wässerige Flüssigkeit. Weiterhin, während zwölf und mehr Stunden, zieht sich die Periplasmamasse mehr und mehr um die Eioberfläche zusammen, die Radialstreifen fliessen vollständig ein in die an verschiedenen Orten ungleich dicke und ungleich dichte Periplasmazone, mit welcher umgeben die Oospore nun in dem Oogoniumraum in Flüssigkeit suspendirt,“

¹⁾ Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze. Vierte Reihe, 1881, p. 63.

nur noch einerseits durch den ihr angewachsenen Befruchtungsschlauch festgehalten ist. Während nun die Verdickung und Schichtensonderung in der Cellulosemembran einerseits fortschreitet, nimmt die Periplasmashicht, diese immer eng umschliessend, successive die Eigenschaften einer festen, erst gelblichen, dann intensiv gelbbraun werdenden Haut an, anfangs noch von unregelmässig körniger Beschaffenheit, nach und nach mehr — doch nie vollständig homogen, aussen und innen scharf begrenzt werdend.“ „Die Erhärtung der Periplasma-masse zum Exospor beginnt an ihrer innern, d. h. der mit der Cellulosemembran der Oospore in Berührung stehenden Fläche und schreitet in centrifugaler Richtung fort. Ihre definitive Dicke ist der Cellulosemembran durchschnittlich ohngefähr gleich — nicht genau gleich, das eine Mal etwas dicker, das andere Mal dünner; ihre Oberfläche, auch bei den unter Wasser gewachsenen Exemplaren, nie glatt, sondern unregelmässig und grobhöckerig. Manche dieser Höcker sah „de Bary“ direct hervorgehen am dichten Körnerhaufen oder Klumpen des ursprünglichen Periplasma, welche bei der Formung des Exospors in geringerem Maasse an Volumen abnehmen als die Stücke zwischen ihnen. Andrerseits sah „de Bary“ einzelne nach der Befruchtung in dem Periplasma entstandene kleine Vacuolen bis zur vollen Reife des Exospors als helle Räume in diesem persistiren.“

„Peronospora Alsinearum hat bekanntlich,“ schreibt weiter de Bary¹⁾, „auf dem reifen dunkelbraunen Exospor netzförmig verbundene Leistenvorsprünge, deren Netzmächen aussen manchmal durch eine ebenfalls braune Membranlage zu Blasen abgeschlossen sind, welchen nicht gar selten nochmals einzelne, ebenfalls aus der braunen Substanz des Exospors bestehende Blasen aussen aufsitzen. — Bis zur Befruchtung und Umkleidung des Eies mit der festen Cellulosemembran erfüllt auch hier trübes, zerstreute Körnchen fügendes Periplasma den ganzen Raum zwischen Ei- und Oogonwand. Etwa zehn Stunden nach der Befruchtung erscheint er von zahlreichen, in meist ein bis zwei unregelmässige concentrische Schichten geordneten Vacuolen durchsetzt und zugleich in einer schmalen, hier und da knotig verdickten, die Cellulosemembran eng um-

¹⁾ l. c. p. 65.

schliessenden Zone viel dichter als weiter aussen. Die Vacuolen sind anfangs äusserst blass und zart umschrieben.“ „Im Laufe der folgenden 12—24 Stunden nehmen sie nun an Schärfe successive zu, werden zugleich durchschnittlich etwas grösser, die trennenden Streifen entsprechend schmäler, so dass nach angegebener Frist die Profileinstellung ein scharf gezeichnetes, rundmaschiges farbloses Netz um die reifende Oospore zeigt. Zugleich nimmt die diese umgebende dichte Schicht an Mächtigkeit etwas zu, beginnt sich durch gelblich allmälig hellbraun zu färben und auf ihrer Aussenfläche erscheinen, zunächst sehr fein gezeichnet, die Netzleisten des Exospors. Diejenigen unter diesen, von welchen man scharfe Profileinstellung erhält, passen innen auf einen der die Vacuolen trennenden Streifen. Von der farblosen Substanz dieser erscheinen sie allerdings auch immer scharf abgesetzt. Folgt nun successive Dickenzunahme des ganzen Exospors sammt seinen Netzleisten, während die Vacuolen successive an Zahl, die trennenden Zwischenstreifen an Breite abnehmen. Zuletzt trennt sich das ganze dünnwandige Vacuolennetz von der Oogoniumwand, an dieser nur geringe anhaftende Reststückchen zurücklassend und zieht sich unter Volumenveränderung seiner Blasenräume nach dem Exospor hin zusammen. Von einer Anzahl der jetzt noch vorhandenen Blasen bleibt die Wand ringsum erhalten, bräunt sich und erhärtet zu jenen oben erwähnten blasig überbrückten Maschen des Leistennetzes. Andre Maschen scheinen nach aussen geöffnet, nicht überbrückt zu werden; — doch ist es sehr schwer, auch auf dünnen Durchschnitten volle Sicherheit darüber zu erhalten, ob und wo es sich um wirklich offene oder um solche Leistemaschen handelt, bei denen blasige Ueberbrückung zwar vorhanden, aber sehr zart und vollkommen eingesunken ist. Sei dem wie ihm wolle, so sieht man jedenfalls in den persistenten gebräunten Blasenräumen Theile des Protoplasma, welche direct zu Theilen des Exospors werden.“

Ich sah mich veranlasst, diese Angaben de Bary's in extenso zu reproduciren, um zu zeigen, wie viel Uebereinstimmung sich aus dieser Schilderung für die Bildung des Perinium bei höheren und niederen Kryptogamen ergiebt. Es handelt sich hier zweifelsohne um ganz entsprechende Vorgänge. Die Angaben de Bary's, dass *Peronospora arborescens* und *intermedia*

die Erhärtung des Protoplasma zum „Exospor“ (unserem Perinium) an der mit der Cellulosemembran der Oospore in Berühring stehenden Fläche beginnt und in centrifugaler Richtung fortschreitet, spricht dafür, dass diese Bildung ganz in derselben Weise wie diejenige der Prismenschicht von Marsilia vor sich geht. Dasselbe möchte man für Peronospora Alsinearum aus den Stellen schliessen, die eine successive Dickenzunahme des Periniums schildern. Für alle die genannten Arten wird auch eine Verdichtung des Protoplasma um die Oospore vor Beginn der Perinium-Bildung, ganz wie dies bei Marsilia der Fall, beschrieben. Andererseits könnte aber auch die Angabe von de Bary, dass bei Peronospora Alsinearum, bei Abschluss der Perinium-Bildung, die Ueberbrückung der Maschen des Leistennetzes durch unmittelbare Erhärtung von Protoplasmablasen vor sich geht, die Vermuthung erwecken, dass hier schliesslich ein Vorgang mit eingreift, demjenigen entsprechend, der sich bei der Bildung der Zwischensubstanz in den Mikrosorangiengeweben von *Salvinia* abspielt. Ist dies richtig, so hätten wir bei Peronospora Alsinearum einen combinierten Fall vor uns; das Perinium würde der Hauptmasse nach durch von innen nach aussen fortschreitende Membranbildung entstehen und durch directe Erhärtung der Wände von Plasmablasen schliesslich abgeschlossen werden.

Dass diese beiden Vorgänge möglich sind und ineinander greifen können und dass zwischen der Bildung von Zellhaut an der Oberfläche der Plasmakörper und deren Entstehung aus der Umbildung grösserer Plasmamassen alle Uebergänge vorhanden sind, zeigt endlich in schönster Weise die Entstehung der Callusmasse in älteren Borstenhaaren aus verschiedenen Pflanzen-Familien. Ueber diesen Punkt hat Dr. Emil Schmidt im hiesigen Institut eingehendere Untersuchungen angestellt, die ich mit den eigenen Worten des Verfassers hier folgen lasse.

„Es ist für die Borstenhaare von *Urtica*, *Dipsacus*, *Boragineen* u. s. w. bekannt, dass ihr Lumen in älteren Stadien durch eine eigenthümliche Wandmasse, von Weiss „Füllmasse“ genannt¹⁾; von der Spitze her mehr oder minder weit ausgefüllt wird. Dieselbe ist meist ausserordentlich deut-

¹⁾ Vergl. Weiss, Allgemeine Bot., Bd. I, p. 358.

lich geschichtet, die oft sehr breiten Schichten verlaufen aber gewöhnlich nicht denen der eigentlichen Zellwand parallel, sondern setzen unter grösserem oder kleinerem Winkel gegen dieselben an: die ganze Füllmasse bietet gewöhnlich den Anblick eines Systems über einander gesetzter Kappen.“

„Die meist mit kohlensaurem Kalke imprägnirte Substanz zeigt in den meisten Fällen weder die Reactionen der Cellulose, noch des Holzes, noch cuticularisirter Massen; sie stimmt vielmehr, wie ich ein Gleiches auch noch für einige an anderen Orten vorkommende Zellwandarten fand, in ihren Reactionen mit der Callussubstanz der Siebröhren überein. Mit Chlorzinkjod oder Schwefelsäure und Jod wird die Masse nicht blau, sondern braun, und Anilinblau wird von ihr — wie solches jüngst von Russow¹⁾ mit Recht als die beste und bequemste Reaction auf Callusmasse angegeben wurde — intensiv aufgespeichert und beim Auswaschen mit Wasser und Glycerin festgehalten.“

„Man hat schon früher die Callussubstanz der Siebröhren als eine der gewöhnlichen Cellulose nahestehende Masse betrachtet und gewöhnlich angenommen, dass sie aus der letzteren durch Quellung oder sonst wie nachträglich hervorgehe²⁾.“

„Für die nahe Beziehung jener Substanz zu der Cellulose wie auch anderen Arten der Wandsubstanz hat sich bei der Untersuchung der oben angeführten Fälle vielfache Bestätigung ergeben; eine nachträgliche Entstehung aus Cellulose habe ich dagegen nicht gefunden.“

„Die Masse nämlich, welche das Lumen der Borstenhaare von der Spitze her schrittweise ausfüllt, reagirt hin und wieder theilweise als Callussubstanz, theilweise wie die gewöhnliche Wand der Haare d. h. wie cuticularisirte Membranen oder seltener wie Cellulose. Dabei sind die beiden Substanzen entweder gegen einander scharf abgesetzt, oder es findet ein ganz allmälicher Uebergang von der einen zur anderen statt, wie dies sich besonders bei Behandlung mit Chlorzinkjod oder Anilinblau zeigt. Es ist dabei wohl zu beachten, dass die eigenthümliche

¹⁾ Vergl. Russow, Ueber die Verbreitung der Callusplatten. Sep.-Abdr. aus den Stzbr. d. Dorpater Naturf.-Gesell., 1881, p. 60.

²⁾ Vergl. z. B. Carl Wilhelm, Siebröhrenapparat dicotyler Pflanzen, 1880, p. 36.

Schichtenbildung der ausfüllenden Masse auch in den nicht als Callussubstanz reagirenden Theilen beibehalten ist.“

„Die Frage, ob nicht die Callussubstanz erst durch die Umwandlung von Cellulose entsteht, wird durch die Entwicklungs geschichte verneint. Die ersten Anfänge der Füllmasse der Haare zeigen sogleich die charakteristischen Reactionen. Wo in älteren Haaren sich Abschnitte finden, welche nicht als Callus masse reagiren, sind dies keineswegs vorwiegend die dem Plasma zunächst gelegenen; auch wechselt die Reaction hin und wieder mehrere Male in demselben Haare ab. Nach Allem, was ich beobachtete, sind solche Unterschiede der Substanz als definitive anzusehen.“

„Besonders wichtig ist aber, dass bei den Boragineen Fälle vorkommen, wo ein schrittweiser Uebergang vom Plasma zur Füllmasse — wie sogleich noch näher auszuführen sein wird — stattfindet und hier an keiner Stelle Cellulosereaction sich zeigt. Ein besonderes Interesse bietet nun jene Füllmasse insofern dar, als sie oft mit überraschender Deutlichkeit die Entstehung der Wandsubstanz durch Umänderung von Plasma partien und die Bildung der Schichten durch Apposition erkennen lässt. Man findet, wie schon oben angedeutet wurde, hin und wieder Stellen, wo das offenbar nicht mehr besonders lebenskräftige Plasma Schritt für Schritt den Uebergang in Füllmasse zeigt. Dasselbe wird gegen die Spitze hin mehr und mehr homogen, stärker lichtbrechend und beginnt sich mit Anilinblau zu färben und den Farbstoff immer fester zu halten. Die Masse wird jedoch nicht so bald so homogen, dass sich nicht noch einzelne gesonderte Körnchen und Vacuolen darin fänden. Die Umwandlung geht dann in demselben Sinne ganz allmälig weiter, bis man schliesslich zu typischer Füllmasse kommt. Es ist durchaus unmöglich, in solchen oft über 10 Micromillimeter langen Partien zu sagen, an welcher Stelle das Plasma aufhört und die Wandsubstanz beginnt. Ferner werden nicht selten dadurch, dass die Schichten der Füllmasse in tieferen Theilen anschwellen, Plasmaportionen von der Hauptmasse abgeschnitten. Diese lang ellipsoidischen Partien zeigen nun alle Stadien des Ueberganges von körnigem, abgestorbenen, bräunlichen Plasma bis zu farbloser Wandmasse, die jedoch in ihrer Umgrenzung dabei vollständig deutlich bleibt. So reagirt in manchen Fällen die Hauptmasse solcher Partien als Wand, aber

bie und da liegen noch nicht in Wandsubstanz umgewandelte Körnchen und Vacuolen der Masse eingesprengt, in anderen Fällen ist zwar die chemische Umwandlung durch die ganze Masse vollendet, aber die körnige Structur derselben, wie solche dem eingeschlossenen Plasma eigen ist, ist dabei noch wohl zu erkennen. Dadurch, dass bisweilen in demselben Haar drei, vier solcher ellipsoidischen Partien in verschiedenen Stadien der Umwandlung sich befinden, entstehen sehr frappante Bilder, und es kann dann über die Deutung kein Zweifel bleiben.“

„Bei *Dipsacus silvestris* endlich ist hin und wieder nur die oberste Grenze einer Schicht der Füllmasse dicht, das Uebrige bietet den Anblick einer schaumigen Masse in derselben Art, wie hin und wieder das Plasma dar. Die Masse reagirt dann gewöhnlich wie cuticularisirte Membranen.“

„Als das Eigenartige dieser Bildungen erscheint also, dass ziemlich häufig nicht allein eine äusserste, zuvor homogen gewordene Schicht des Plasmas die Umwandlung in Cellulose oder eine sonstige Wandmasse erfährt, sondern auch grössere Plasmaportionen gleichzeitig solcher Umwandlung unterliegen, und dass es im letzteren Fall zuvor nicht immer zur Herstellung einer gleichmässig dichten Substanz kommt, sondern Körnchen und Vacuolen darin zurückbleiben können. Wie alle jene Structur-eigenthümlichkeiten auch den nicht als Callussubstanz reagirenden Abschnitten der das Lumen der Borstenhaare ausfüllenden Masse zukommen, so gelten, was zu betonen ist, die obigen Betrachtungen auch für die Entstehung dieser Massen. — Stellen die angeführten Erscheinungen auch für die oben besprochenen Fälle die Entstehung neuer Wandungsmasse durch Umwandlung wohl erkennbarer Plasmaabschnitte sicher, so ergiebt sich dadurch schon ohne Weiteres das Dickenwachsthum der Masse durch Apposition. Aber auch ohne Berücksichtigung des Vorgehenden weisen die Bilder der geschichteten Masse sehr bestimmt auf solche Auffassung hin. Die oft sehr breiten, aufeinanderfolgenden Schichten sind nicht allein dadurch gegen einander abgesetzt, dass der obere Rand der jüngeren ungleich dichter ist als der untere Theil der nächst älteren Schicht, sondern jener Rand reagirt bisweilen auch als gewöhnliche Wandmasse, die anderen Theile der Schicht als Callusmasse. Dies kann sich im System der Schichten zu mehreren Malen wiederholen. Und fernerhin kommt es vor, dass eine Schicht

an einzelnen Stellen durch zurückgebliebene Plasmakörnchen von der nächst älteren getrennt ist.“

An den geschilderten Bau der Zellwand von Pollenkörnern und Sporen dürfte sich diejenige der Zellwand von *Diatomeen* anschliessen lassen. Aus den neueren Untersuchungen über diesen Gegenstand, namentlich denjenigen von Otto Müller¹⁾, geht mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, dass die Zeichnung der Wand durch Kammern bestimmt wird, die sich nach aussen öffnen. Bei *Pleurosigma angulatum* erweitern sich diese Kammern in halber Höhe im Innern der Wand und geben so die bekannten Sechsecke. Dieses folgt aus den von Otto Müller dargestellten Querschnitten²⁾, während vorher Flögel³⁾ glaubte gefunden zu haben, dass die Wand in ihrem Innern sechseckige, nicht nur nach oben sondern auch nach unten abgeschlossene Kammern enthalte. Das Otto Müller'sche Bild sieht einem Querschnitt durch die Exine von Iris (Taf. VIII, Fig. 118) oder Geranium (Taf. VI, Fig. 30) sehr ähnlich. Wichtig ist für die Deutung der in Frage stehenden Schale, dass an den Flögelschen Schnitten das Netzwerk sich öfters auf längere Strecken hin in einzelne Fasern sondert. Die Trennung erfolgte stets in der Reihe der Poren. Dasselbe konnte ich mit Zuhilfenahme der besten und stärksten Objective von Zeiss für homogene Immersion an den Spalten feststellen, die einzelne Exemplare in meinen Testobjecten durchsetzten. An der Aussenfläche und in geringerem Maasse auch an der Innenfläche der Schale springen kleine Wülste vor, welche den Vereinigungspunkten der Wände entsprechen.

Bei der *Diatomee Triceratium Favus* mit relativ **grobem** Bau der Schale beschreibt Otto Müller⁴⁾ eine innere, **dünne** Haut mit feinen Poren, die nicht bis zur Oberfläche derselben reichen und dieser dünnen Haut aufsitzend ein Netzwerk mit vorwiegend sechsseitigen Maschen. Die Leisten des Netzwerkes haben relativ bedeutende Höhe und erweitern sich an

¹⁾ Arch. f. Anat., Phys etc. von Reichert und du Bois-Reymond, 1871, p. 619.

²⁾ l. c. Taf. XV, Fig. 1 b.

³⁾ Archiv für mikr. Anat., Bd. VI, 1870, p. 472.

⁴⁾ l. c. p. 626.

ihrem oberen Rande zu einer schmalen Krämpe, welche den Eingang zu der Masche verengt und ihn kreisförmig umschreibt. An den Vereinigungspunkten der Wände stehen wiederum kegelförmige Vorsprünge. Das schematische Bild Otto Müllers unter Figur 11 l. c. zeigt am besten die in Frage stehenden Verhältnisse, welche ja auch manche Annäherung an den Bau der Pollen- und Sporenschalen gestatten.

Für die hier gegebene Schilderung tritt auch Grunow¹⁾ auf, der noch besonders betont, dass die innere Haut geschlossen ist, indem ihre feinen Poren nicht bis an die Peripherie reichen; dass sie ausserdem bei *Triceratium Favus var. septangularis* auf ihrer Aussenseite unregelmässig gestellte, kurze Stacheln erkennen lässt.

Von Interesse musste es schliesslich noch sein, mit äusseren Vorsprüngen versehene Epidermoidalbildungen zu untersuchen. Bei der Anlage solcher Vorsprünge war ja von vornherein die Möglichkeit einer Ernährung von aussen her ausgeschlossen.

Ein sehr instructives und günstiges Object lieferten mir die Marsiliahaare. Ich untersuchte die auf den Fruchtanlagen von *Marsilia Ernesti* befindlichen. Sie sitzen mit ihrem Stiel unmittelbar der äusseren Prismenschicht auf. Der Stiel ist zweizellig, von der Höhe der benachbarten Epidermiszellen. Die untere Zelle ist gebräunt. Schon im Verlauf der zweiten Zelle beginnt sich der Stiel nach aussen trichterförmig zu erweitern und geht nun an seinen Rändern in das parallel der Aussenfläche der Frucht entwickelte, zweispitzige, gestreckt spindelförmige, mehrzellige Haar über. Die Zellen dieses Haares zeigen an ihrer von der Fruchtoberfläche abgekehrten Seite nicht unerhebliche Höcker (Taf. II, Fig. 44 u. 45). Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass diese Höcker als Ausbuchungen der Zellwand entstehen (Fig. 42). Die Zellwand bildet an diesen Stellen somit zunächst einen hohlen Höcker! Dieser Höcker kann manchmal die Dimensionen der Figur 43 erreichen. Bei weiterer Verdickung der Wand obliterirt die Hohlung und erscheint alsbald nur noch als ein enger Kanal, der weiterhin völlig geschlossen wird (Taf. II, Fig. 44). Bei

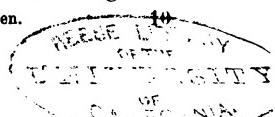
¹⁾ Bot. Centralblatt, 1881, Bd. VIII, Anm. p. 354 ff.

weiterer Verdickung der Zellwand laufen die inneren Schichten glatt unterhalb der Höcker fort und der obliterirte Kanal zeigt sich nur noch vereinzelt in Spuren und zwar innerhalb der äusseren Verdickungsschichten eingeschlossen. Ihrer Entwicklung gemäss erscheinen die jungen Höcker, von der Fläche betrachtet, als Kreise, später als solide Scheiben, von mehr oder weniger unregelmässigem Umriss.

Die Bildung der äusseren Vorsprünge an den Marsiliahaaren erfolgt somit auf anderem Wege als diejenige der Stacheln und Warzen vieler Sporen und Pollenkörner.

Im Princip übereinstimmend mit Marsilia fand ich den Vorgang auch an den „gezähnten Angelborsten“ der „Klausen“ von *Cynoglossum officinale*. Fig. 46, Taf. II zeigt den Längsschnitt einer solchen jungen Angelborste. Es wurde eine möglichst einfach gebaute für die Abbildung gewählt. Wie der Verlauf der Zellenzüge ohne Weiteres zeigt, wird die Oberfläche dieser Angelborste von Epidermiszellen, das Innere von den hypodermalen Zellen gebildet. Die obersten Epidermiszellen der Angelborste wachsen zu Widerhaken aus, die tiefer gelegenen in ihrem oberen Theile zu eigenthümlichen Warzen, die am Rande eine wechselnde Zahl (meist 4 bis 6) kleiner Haken tragen. Von oben betrachtet sehen die regelmässigsten unter diesen Warzen wie kleine Kronen aus. Wie nun Fig. 46 und bei stärkerer Vergrösserung auch Fig. 47, Taf. II zeigen, werden die Widerhaken sowohl, als auch die Warzen, als locale Auswüchse der Zellwand angelegt. Erst wenn diese Auswüchse ihre volle Ausbildung erreicht haben, beginnt das Dickenwachsthum der Zellwand. Durch letzteres werden die Widerhaken auffallend verdickt (wie Fig. 48 zeigt), die Warzen aber völlig mit Cellulose ausgefüllt, so dass der innere Contour der Wandung jetzt gleichmässig unterhalb der Warzen fortläuft (Taf. II, Fig. 49). In der Wand der Widerhaken ist schöne Schichtung zu sehen, sie wird erst auf älteren Entwicklungszuständen deutlich. In der Wandung der mit Warzen besetzten Zellen ist die Schichtung kaum zu erkennen.

Die Entwicklungsgeschichte der Widerhaken und Warzen an den Angelborsten von *Cynoglossum* und der Höcker an den Marsiliahaaren zeigt somit volle Uebereinstimmung, denn in beiden Fällen werden die Vorsprünge an der Aussenseite der Zellwand durch Ausbuchtung derselben hervorgerufen. Die



Frage nach der Entstehung von Ausbuchtungen gehört in das Gebiet des Längenwachsthums der Zellwand und soll später erörtert werden. — Weitere Untersuchungen werden darüber zu entscheiden haben, in wie weit der hier geschilderte Modus der Bildung von Vorsprüngen an der freien Oberfläche von Pflanzenteilen verbreitet ist, der einzige mögliche ist er nicht, wie meine Untersuchungen an den Haaren von Coleus lehren.

Ich untersuchte von Coleus eine hybride Gartenform mit rothen Blättern, die auf der ganzen Unterseite der Spreite zahlreiche Haare trug. Die Haare bilden einfache Zellreihen und sind namentlich gegen die Spitze hin, von zahlreichen kleinen, länglichen, vorspringenden Höckern besetzt. Die Höcker stehen in einigermaassen gleicher Entfernung von einander, sind aber doch nicht ganz regelmässig vertheilt. Der Höcker wird durch Anschwellung der cuticularisirten Aussenschicht hervorgebracht; es entspricht demselben nicht eine Vertiefung an der Innenseite der Wand. Bei Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure oder Salzsäure bleibt die cuticularisirte Aussenschicht der Haare sammt Höckern erhalten. In Schwefelsäure färben sich letztere bräunlich. Durch Glühen werden sie zerstört. — Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass diese Höcker relativ spät, an annähernd ausgewachsenen Haaren, die ihr Dickenwachsthum fast vollendet haben, entstehen und dass deren Bildung von der Spitze des Haares gegen die Basis fortschreitet. Mit einem Kranz umgeben diese Höcker die Ansatzstellen der Querwände. — Die Höcker entstehen somit nachträglich und es frägt sich in welcher Weise. Eine Ernährung der betreffenden Stellen durch Cellulose-Moleküle, welche, aus dem Innern der Zelle stammend, die ganze Dicke der Wand durchwandert hätten, können wir, nach dem was wir jetzt über die Entstehung der Cellulose durch directe Umwandlung des Protoplasma wissen, nicht mehr annehmen. Um anorganische Einlagerungen handelt es sich hier, wie das Verhalten in Schwefelsäure und das Glühen zeigt, auch nicht. Bleibt die Annahme einer Volumenvergrösserung bei Cuticularisirung. Diese Annahme wird gestützt durch die Beobachtung, dass die Cuticula so vieler Pflanzenteile Falten schlägt, oder Höcker bildet, von ganz bestimmter Vertheilung und Configuration. Dass die Höcker an den Haaren von Coleus aber wirklich solche Falten sind, dafür spricht auch der Umstand, dass sie ringförmig die Ansatzstellen

der Querwände umgeben, also Stellen, welche für eine nachträgliche Ernährung besonders ungünstig liegen, an denen andererseits eine Ausdehnung bei Cuticularisirung besonders verhindert werden musste. Dass Cuticularisirung mit Volumenzunahme verbunden ist, soll sich später auch aus dem optischen Verhalten der cuticularisierten Schichten ergeben.

In anderen Fällen mag auch Quellung und nachfolgende Incrustation bestimmter Stellen der Zellwand bei Bildung von Höckern oder sonstigen Vorsprünge in Betracht kommen.

Anlage und Wachsthum der Stärkekörner.

Die grosse Uebereinstimmung, welche Zellhäute und Stärkekörner in ihrem Bau zeigen, legte es nahe, auch letztere in den Kreis dieser Untersuchungen zu ziehen. Um meine Aufgabe jedoch nicht über die Maassen auszudehnen, beschloss ich, mich auf ganz wenige, prägnant gewählte Beispiele zu beschränken. Dies war um so eher möglich, als ja alle Stärkekörner eine im Wesentlichen übereinstimmende Structur besitzen.

Die bekannten, sehr grossen und flachen, excentrisch gebauten Stärkekörner aus den Knollen von *Phajus grandifolius* waren für die Zwecke meiner Untersuchung besonders geeignet. In den meisten Knollen ist der Bau der Körner ein derartiger, dass die Schichten, abgesehen von den innersten, unvollständig sind, d. h. an den Seiten des Kornes blind endigen. In einigen Knollen fand ich übrigens Stärkekörner, welche bis zuletzt umlaufende Schichten erhalten hatten, wenn letztere auch stark nach dem vorderen Ende des Kornes hin sich verdünnten, ja zum Theil vollständig ausgekeilt waren. Im Allgemeinen sind alle Stärkekörner derselben Knolle übereinstimmend in ihrem Bau und ihrem sonstigen Verhalten. Unregelmässigkeiten kommen innerhalb derselben Knolle nur so weit vor, als einzelnen Körnern seitlich Schichtencomplexe von ganz abweichendem Verlauf apponirt werden. Schimper¹⁾) hat jüngst solche Fälle besonders hervorgehoben und entwicklungsgeschichtlich erläutert^{2).}

¹⁾ Bot. Zeitung, 1880, Sp. 881.

²⁾ Vergl. daselbst die Abbildungen, Taf. XIII, Fig. 13.

Bei entsprechender Vergrösserung untersucht, zeigen die Stärkekörner von *Phajus grandifolius* sehr deutliche Schichtung, d. h. breitere helle und schmälere dunkle Streifen. Unbefangene Betrachtung lehrt, dass die helleren Streifen sehr verschieden breit und die dunkleren sehr verschieden scharf sein können. Auf dieser Aufeinanderfolge heller und dunkler Streifen basirt die Angabe von der Abwechselung wasserärmerer, dichterer und wasserreicherer, weniger dichter Schichten. Thatsächlich giebt es aber im Stärkekorn wie in der Zellhaut nur aufeinanderfolgende Lamellen, die sich mehr oder weniger vollständig gleichen. Die dunkleren Linien sind die besonders markirten Adhäsionsflächen der aufeinanderfolgenden Lamellen. Wo diese dunklen Linien sehr dicht aufeinander folgen, zeigen sie unmittelbar die Grenzen der Lamellen an; gewöhnlich zeigen sich aber nur einzelne Adhäsionsflächen und trennen somit Lamellencomplexe von einander. Die schärfster markirten Trennungsflächen deuten, so nehme ich an, längere Pausen in der Schichtenbildung an. Verstärkt wird die Wirkung der Grenzlinie dadurch, dass einzelne Lamellen auf ihrer Aussenseite, dass ganze Lamellen oder selbst Lamellencomplexe etwas grössere Dichte, somit abweichendes, optisches Verhalten zeigen. Dieses mag durch den länger andauernden Einfluss der Umgebung, bei Unterbrechung des Wachstums veranlasst worden sein. Möglich sind auch als Ursache der Abweichung geringe Unterschiede in der Constitution, etwa im Wassergehalt des die Lamellen bildenden Protoplasma. Dass aber nicht eine regelmässige Abwechselung wasserreicher und wasserarmer Schichten vorliegt, noch die Ursache der Schichtung sein kann, ist bei alledem klar. Ueberzeugen kann man sich von dem Gesagten relativ leicht, beim Studium der Quellungserscheinungen, für die sich *Phajus grandifolius* besonders empfiehlt. Am instructivsten ist die Quellung in Kalilauge, bei sehr langsamer Einwirkung derselben. Zunächst wird man sich überzeugen, dass die Oberfläche des Kornes stets am resistenteren ist und das ist hier in den meisten Fällen von Bedeutung, da die äusseren Schichten nicht um das ganze Korn laufen. Die resistentzähigere Oberfläche kann dann somit eine einheitliche Schicht nicht sein, und der Nachweis ist in der That leicht, dass sie in dem hinteren Theile des Korns aus den Rändern der aufeinanderfolgenden Lamellen besteht. Sie entspricht insofern einem „Grenzhäutchen“.

Auch an Zellhäuten kann ja letzteres scheinbar continuirlich, über die Ränder verschiedener Schichtensysteme laufen und verdankt es seine Differenzirung der Einwirkung des angrenzenden Mediums. Am resistentesten ist an den Stärkekörnern von Phajus das vordere, zugespitzte Ende, somit die älteste Stelle, welche dauernd unter dem Einflusse der Umgebung stand. Im Innern der Körner variiren die Verhältnisse je nach den Knollen ein wenig. Ich werde mich im Folgenden ausschliesslich an die Körner nur einer Knolle halten. Bei beginnender Einwirkung der Kalilauge zeigten sich an der Oberfläche des Stärkekorns zahlreiche feine Risse, welche mit annähernder Regelmässigkeit senkrecht gegen den Verlauf der Schichten gerichtet waren. Die Substanzstreifen zwischen den Rissen lösen sich im nächsten Augenblitze in Punktreihen auf. Die ganze Oberfläche des Korns ist jetzt annähernd regelmässig punktirt. Die Punkte hängen nicht zusammen, sind sehr klein und müssen mit stärksten Objectiven beobachtet werden. Im optischen Schnitt liess sich gleichzeitig ein starker Riss sehen, der, vom organischen Kern ausgehend, mantelförmig die inneren Theile der vorderen Hälfte des Stärkekorns umfasste. Er trennte die dichtere Aussenfläche von der inneren weichen Masse. Der abgelöste, im optischen Schnitt keilförmig erscheinende innere Theil gleitet denn aus seiner Stellung hinaus, den rasch quellenden hinteren Schichten des Kornes folgend. Er spaltet sich meist der Länge nach in zwei gleiche Hälften, die wie Fächer spreizen. Ihr vorderes Ende ist scharf zugespitzt, stark lichtbrechend geworden; ihr hinteres Ende stark ausgebreitet. — Die dichteren Lamellen und Lamellencomplexe im Korn quellen etwas schwächer als die minder dichten und bekommen radial gerichtete Sprünge. Diese Sprünge zeigen übrigens manche Unregelmässigkeit und anastomosiren vielfach mit einander. Solche Partien sind relativ stark lichtbrechend. Andere grössere Lamellencomplexe folgen mit grosser Gleichmässigkeit auf einander, durch feinere Grenzlinien getrennt. An diesen Partien sieht man, dass die Lamellen eine sehr geringe Dicke haben und überzeugt sich auch leicht, dass die Grenzlinien während der Quellung nur deutlicher, nicht dicker wurden. Die Grenzlinien sind regelmässig fein punktirt und dieses deutet auf feine radiale Trennungslinien hin, welche sich da, wo sie Grenzflächen schneiden, deutlicher markiren. Das Bild ist eigentlich nicht anders, als dasjenige, welches ich Fig. 22,

Taf. III für eine Holzzelle von Pinus entwarf. Der betreffende Querschnitt stammte von einer an den Seitenwänden fein gestreiften Zelle und es wurde festgestellt, dass die Radien des Querschnittes den Streifen des Längsschnittes entsprachen. Bei der Stärke haben wir es zweifellos auch mit einem radialen Bau zu thun und zwar sprechen Flächenansichten dafür, dass es sich hier um radial gestellte, stäbchenförmige Elemente handelt. Gegen die Zurückführung der Erscheinungen auf in Folge von Spannungen entstandene radiale Risse spricht die grosse Regelmässigkeit der Zeichnung. Hingegen sind es in der That solche durch Spannungen erzeugte Risse, welche in den dichteren Lamellencomplexen auftreten. Diese Risse verdecken dort die eigentliche Structur. Sie sind entsprechend unregelmässig und stimmen durchaus mit den Rissen überein, die ich auch in künstlichen Membranen beim Biegen derselben auftreten sah. Das Bild der Stärke in den gleichmässig gebauten Theilen ist so übereinstimmend mit dem geschilderten von Pinus, dass ich, wie gesagt, nicht umhin kann, beide zu vergleichen und auch bei der Stärke auf radiale Structur das zurückzuführen, was sich bei Pinus als Folge einer solchen Structur sicher herausstellte. In den gleichmässig geschichteten Theilen des Stärkekorns ist die Structur bei andauernder Einwirkung der Kalilauge alsbald verschwunden. Länger bleiben erhalten die dichteren Lamellencomplexe. Halb gequollene, mit Wasser ausgewaschene Stärkekörner färben sich nach Jodzusatz in allen Theilen blau, sowohl in den resistenteren wie auch den weniger resistenten. Nach längerer Quellungsduauer wird die Structur der Stärke in allen Theilen unkenntlich und ist es nunmehr schwer, den äusseren Contour des Korns gegen das umgebende Medium abzugrenzen. Nach längerem Liegen in Wasser werden die gequollenen Körner grumös. Einer vielfach constatirten Thatsache gemäss vergrössern sich die Schichten bei der Quellung vornehmlich in tangentialer Richtung. Senkrecht zu der radialen Structur ist somit die Quellung am grössten. Ist die Structur des Korns zerstört, so quillt es ohne bestimmte Richtung weiter fort. Solche unregelmässige Quellung tritt von Anfang an ein, wenn die Reagentien zu heftig wirken; die Structur des Kernes wird alsdann momentan zerstört. Die radialen Risse, welche sich bei der Quellung bilden, folgen dem Verlauf der Stäbchen. Die Lösung des Zusammenhangs ist in

tangentialer Richtung leichter als in radialer. Die Adhäsion der aufeinanderfolgenden Lamellen ist so fest, dass sie nicht von einander lassen. Auch in Zellhäuten war meistens eine ähnlich feste Verbindung der Lamellen zu constatiren.

Nicht völlig ausgewachsene Stärkekörner aus jungen Knollen reagiren ähnlich wie die fertigen, doch weniger prägnant. Die Deutlichkeit der Differenzirung nimmt, wie bei Zellhäuten, mit dem Alter zu.

Stärkekörner, die lange Zeit in absolutem Alcohol gelegen haben, zeigen die Schichtung meist eben so schön, wie frische. Die Körner sind etwas klein geworden und manche haben im Innern einen longitudinalen Spalt aufzuweisen. Die durch Wasserverlust veranstandete Spannung konnte somit durch Zusammenziehung der ganzen Körner von den Seiten her nicht ausgeglichen werden. Bei vorsichtiger Einwirkung sehr verdünnter Kalilauge liess sich in einzelnen Körnern der radiale Bau sehr gut nachweisen. Wirkte die Kalilauge etwas kräftiger ein, so quoll das ganze Stärkekorn, allseitig wulstige Vorsprünge treibend, sofort zu einer völlig gleichmässigen, structurlosen Masse auf. Die in absolutem Alcohol aufbewahrten Körner sind somit weniger resistent gegen Kalilauge geworden.

Im frischen Stärkekorn ist der Kern kaum zu erkennen, im trocknen Material markirt er sich besser. Er ist dann öfters hohl und einige, die Schichten rechtwinklig durchsetzende Spalten führen auf ihn hin. Diese Spalten reichen, in nur wenig ausgetrockneten Körnern, nicht weiter, als die concentrischen Schichten; sie hören meist da auf, wo die Schichten unvollständig werden. Sehr stark ausgetrocknete Stärkekörner zeigten jenen mantelförmigen Riss, den ich zuvor bei Beginn der Quellung geschildert habe. Die Deutlichkeit der Schichtung hatte in solchen Körnern bedeutend abgenommen.

Sehr schön geschichtet sind auch die relativ sehr grossen Theilkörner aus dem Mark des Stammes von *Cycas circinalis*¹⁾). Jedes Korn wird von zwei bis acht regelmässigen Theilkörnern gebildet; demgemäß hat jedes Theilkorn eine gewölbte und eine wechselnde Zahl mehr oder weniger planer

¹⁾ Vergl. auch Payen, Ann. d. sc. nat., 1838, Ser. II, Taf. X, p. 21; Taf. 6, Fig. 4, 5. Naegeli, Stärkekörner, p. 481.

Flächen. Der Kern war in den von mir untersuchten Theilkörnern oft nur schwach excentrisch. Bei der Quellung zeigte der optische Schnitt den schon für Phajus beschriebenen, an den Grenzflächen besonders markirten, radialem Bau der Lamellen. In Flächenansicht war das Korn gleichzeitig fein punktirt. Das Bild des optischen Schnittes wurde durch zahlreiche, mehr oder weniger regelmässige radiale Sprünge gestört und vielfach sah man nur letztere.

Ebenso instructiv waren mir auch die ovalen, centrisch gebauten Stärkekörner von *Phaseolus vulgaris*. Ich untersuchte trocknes, viele Jahre aufbewahrtes Bohnenmehl, das in Wasser gebracht, trotzdem sofort sehr schöne Schichtung zeigte. Zahlreiche, nach innen zu sich erweiternde Risse durchsetzten senkrecht die Schichten, um in einer länglichen, centralen Höhlung zu endigen. Bei Anwendung von Kalilauge nahmen die Körner rasch an Grösse zu, indem die Schichten tangential sich dehnten. Der Hohlraum im Innern wuchs. Bei beginnender Quellung markiren sich die Schichten äusserst deutlich. Die Schichtung ist von auffallender Regelmässigkeit. Man kann mit Hilfe guter Objective in der überzeugendsten Weise feststellen, dass alle Schichten gleich sind und nur durch Grenzflächen getrennt. Die radiale Structur der Lamellen ist im optischen Schnitt unschwer zu beobachten. Sieht man von dieser letzteren ab, so gleicht das Bild der concentrischen Schichtung in seiner grossen Regelmässigkeit auffallend dem quellenden Querschnitte einer Sklerenchymzelle von *Araucaria*. Interessant war es durch direkte Messungen zu constatiren, dass so lange, als die Structur des Stärkekorns erhalten bleibt, die Dicke der Schichten während der Quellung nicht zunimmt. Hat die Quellungsgrösse einen gewissen Werth erreicht, so faltet sich das Korn von einer oder an mehreren Seiten her und die innere Höhlung schwindet allmählich. Jetzt ist auch die Schichtung und die radiale Structur geschwunden, die Quellung schreitet in unbestimmten Richtungen fort. Den resistentesten Theil des Korns bildet auch in diesem, wie in allen anderen Fällen, wo es sich um fertige Körner handelt, die Oberfläche.

Die Kartoffelstärke zeigt eine viel ungleichmässigere Schichtung, als das Bohnenmehl; die schärfer markirten Grenzflächen sind ganz unbestimmt vertheilt. Bei Anwendung ent-

sprechender Quellungsmittel, beispielsweise verdünnter Schwefelsäure, kann man leicht feststellen, dass zwischen den markirten Grenzflächen, wenn diese nicht zu nah auf einander folgen, schwächer abgegrenzte Lamellen noch in Mehrzahl vorhanden sind. Der Kern erweitert sich, wenn man die Körner in Kalilauge quellen lässt, bedeutend, worauf die Wandung, von der schwächeren Seite her, sich in die Höhlung einfaltet.

Auch in der Cannastärke (ich untersuchte solche aus dem Rhizom von *Canna Warszewiczzii*) treten einzelne Adhäsionsflächen in Folge stärkerer Lichtbrechung am Aussenrande der angrenzenden Schicht stärker hervor. Die Körner sind stark excentrisch gebaut. Zwischen je zwei schärfer markirten Grenzflächen liegen meist zahlreiche, schwächer sich zeichnende. Halbzusammengesetzte Körner sind hier sehr häufig und von Schimper richtig beschrieben und gedeutet worden¹⁾. Besonders interessant waren mir einzelne Körner aus einem austreibenden Rhizome. Dieselben zeigten ringförmige Einschnürungen, den besonders markirten Grenzflächen entsprechend. Am hinteren Ende des Kernes waren Schichtenkomplexe zum Theil abgelöst und erfolgte die Ablösung stets in den schärfer sich zeichnenden Grenzflächen. Hier war somit die Adhäsion am schwächsten und konnte das die Stärke lösende Ferment am leichtesten eindringen. Diese Beobachtung bestärkt mich in der Annahme, dass die schärfer gezeichneten Grenzflächen den Zeiträumen längerer Unterbrechung in der Schichtenbildung entsprechen. Die längere Einwirkung des angrenzenden Protoplasma auf die zuletzt gebildete Lamelle macht diese in solchen Fällen an ihrem Rande dauernd lichtbrechender. Die Adhäsion der nächstfolgenden Schicht ist weniger vollkommen. In Zellhäuten kommt es, wie wir gesehen haben, vor, dass aufeinanderfolgende Schichten überhaupt nicht mehr adhären; dann war auch stets ein längeres Intervall zwischen deren Bildung gegeben. Ist die eine Schicht stark verändert worden, bevor die nächste folgte, so adhärt ihr diese oft nicht mehr. Die Ausbildung einer solchen Differenz erfordert Zeit, womit nicht gesagt ist, dass jede längere Unterbrechung in der Schichtenbildung solche Folgen nach sich zieht, vielmehr giebt es Beispiele genug vollkommener Gleichheit und Adhäsion der Schichten, trotz Unter-

¹⁾ Bot. Zeitung, 1881, Sp. 219.

brechungen in deren Bildung. Andrerseits haben wir gesehen, dass feste Adhäsion der Schichten selbst möglich ist dort, wo eine starke Veränderung der vorausgehenden Schicht zuvor erfolgte. So sind bei Clematis die Schichten fest vereint, ungeachtet jede mit einem Grenzhäutchen abschliesst; so adhäriren, wenn auch weniger stark, die secundären Verdickungsschichten des Coniferenholzes an den primären Wänden, ungeachtet die Verholzung der letzteren öfters noch vor Beginn der secundären Verdickung beginnt. So adhärit endlich auch fest die quellende, farblose Schicht des Periniums von Marsilia an der bräunlichgelben, so abweichend gebauten Prismenschicht. Im Gegensatz hierzu adhäriren nur schwach und waren durch Schwefelsäure zu trennen die Schichten der Endodermiszellen von Smilax, ungeachtet sie völlig gleichartig zu sein schienen und meist kaum ausgeprägte Grenzhäutchen besassen.

Es ist bei *Phajus grandifolius* leicht, die von A. F. W. Schimper¹⁾ „Stärkebildner“ genannten, in dessen wichtiger Arbeit eingehend geschilderten Gebilde zu sehen. Sie sind leicht durch Jodwasser, längere Einwirkung von Alcohol, durch Picrinsäure etc. zu fixiren. Aus den stäbchenförmigen Gebilden ragen alsbald die kleinen Stärkekörner vor. Den Beschreibungen von Schimper habe ich nur hinzuzufügen, dass stets von dem stäbchenförmigen, richtiger oval-scheibenförmigen (Taf. IV, Fig. 48) Stärkebildner ein zartes Häutchen einseitig abgehoben erscheint, welches entweder das ganze Stärkekorn noch umgibt, oder es an der Basis umfasst (Fig. 45 bis 47). Die Schichtenbildung reicht nur soweit, als wie dieses Häutchen. Zwischen diesem abgehobenen Häutchen und dem scheibenförmigen Hauptkörper des Stärkebildners liegt eine weniger dichte Substanz, die auch Schimper zu der Bemerkung veranlasst hat: Eine an das Stärkekorn grenzende Schicht des Stärkebildners ist zarter und mehr oder weniger gequollen.

Doch nicht alle Stärkekörner entstehen in Chlorophyll-

¹⁾ l. c., Sp. 889. Diese Gebilde wurden zuerst, freilich unvollkommen, von Crüger dargestellt und als Uebergangssubstanz beschrieben (Bot. Zeitung, 1854, Sp. 41, Taf. II). Crüger giebt auch an, dass der Kern der excentrischen Stärkekörper von der „Uebergangssubstanz“ abgekehrt sei. Gesehen und zum Theil abgebildet wurden die Stärkebildner auch von Gris, Ann. d. sc. nat. IV. Ser., VII. Bd., 1877, p. 197 und von Trécul ebendas. Bd. X, 1858, p. 278.

körpern oder Stärkebildnern, d. h. an zur Bildung von Stärke besonders differenzierten Plasmatheilen. Die Stärke kann unmittelbar im Zellplasma entstehen unter Bedingungen, die mir sehr instructiv scheinen, weil sie die Uebereinstimmung des Vorganges mit der Verdickung der Zellwände zweifellos beweisen. Die Stärkekörner, um die es sich hier handelt, habe ich aus einem anderen Grunde noch sehr wichtig befunden und daher zur Untersuchung gewählt. Es handelt sich um die grossen Stärkekörner in den Makrosporen der *Marsilia*-Arten.

Die Existenz der Stärkekörner in den Makrosporen von *Marsilia* ist schon lange bekannt. Hofmeister führt bereits Zwillingskörner an¹⁾, Naegeli Theilkörper von gemeinsamen Schichten umgeben²⁾, Hanstein betont deren auffallende Struktur: „Die Stärkekörner sind zusammengesetzt vielschichtig und die hellen Schichten zeigen ein deutlich gekörntes Ansehen.“³⁾ Russow⁴⁾ bezeichnet diese Stärkekörner als einfach, halb- und ganz zusammengesetzt und hebt deren bedeutende Grösse hervor. „Die einfachen und halbzusammengesetzten,“ schreibt er, „zeigen eine scharf ausgeprägte und zahlreiche Schichtung; unter letzterer findet man nicht selten solche, bei denen grössere, concentrische Schichtencomplexe sich in sehr zahlreiche Theilkörper differenzieren.“

Eine Erscheinung an diesen Stärkekörnern ist aber bis jetzt nicht bemerkt worden, gerade diejenige, welche sie, meines Erachtens nach, so interessant macht, nämlich das Netzwerk, das sie an ihrer Oberfläche tragen.

Nicht bei allen *Marsilia*-Arten verhalten sich aber diese Stärkekörner gleich.

Bei *Marsilia aegyptiaca*, *diffusa*, *hirsuta* sind die Stärkekörper aus mehreren zusammengesetzt, unregelmässig wegen der zahlreichen, den Theilkörnern entsprechenden Vorsprünge. Die Schichtung ist schlecht in den Theilkörnern zu sehen; in manchen Fällen das Netz auf der Oberfläche angedeutet (so bei *M. hirsuta*).

¹⁾ Vergl. Unters., p. 107.

²⁾ Stärkekörper, p. 476.

³⁾ Monatsber. der königl. Akad. der Wiss. zu Berlin. Sitzung vom 6. Febr. 1862, p. 114, auch Fig. 27 a, b der Tafel.

⁴⁾ Vergl. Untersuchungen etc., p. 58.

Bei *Marsilia salvatrix*, *macrocarpa*, *Nardu* hingegen sind die Stärkekörner einfach, nur einzelne halbzusammengesetzt, d. h. die Theilkörper von gemeinsamen Schichten umgeben. Alle Körper ellipsoidisch, etwas abgeflacht, ziemlich regelmässig, mit deutlichen Schichten, centrischem Bau; hin und wieder eine Längsspalte, selten sternförmig angeordneten Sprüngen im Innern; auf der Oberfläche mit einem schönen Netz. Dieses Netz ist bei *Marsilia Nardu* meist nur sehr schwach ausgeprägt; sehr scharf dagegen bei *Marsilia salvatrix* (Taf. IV, Fig. 53) und *macrocarpa*. Ich weiss die Oberfläche eines solchen Stärkekornes nicht besser zu vergleichen, als mit derjenigen eines Fingerhutes. Bei *Marsilia macrocarpa* sind die, die runden Maschen trennenden Wände dicker, die Maschenräume daher etwas mehr von einander entfernt, als bei *Marsilia salvatrix*. Unter dem Netze laufen continuirlich, ohne sich an dasselbe zu halten, die concentrischen Schichten. Bei *Marsilia Nardu*, deren Netz sehr flach ist, ja fehlen kann, sieht man in schwierigen Fällen dasselbe deutlicher, wenn man nicht auf die zugekehrte, sondern auf die abgekehrte Fläche des Stärkekornes einstellt. Auf alle Fälle müssen aber, soll das Netzwerk gefunden werden, ganz reife Makrosporen zur Beobachtung vorliegen.

Es ist mir nicht bekannt, dass auf eine solche Erscheinung bei Stärkekörnern, deren Oberfläche hierdurch derjenigen mancher Pollenkörner ähnlich wird, als auf eine normale Structureigenthümlichkeit bereits hingewiesen worden wäre. Zwar gibt Naegeli ähnlich aussehende Bilder für Stärkekörner aus dem trocknen Samen von *Secale cereale*, dem reifen Samen von *Triticum turgidum* und dem frischen, inwendig noch feuchten Sameneiweiss von *Fagopyrum cymosum*¹⁾ und für noch einige weniger prägnante Fälle an, doch behauptet er, es handle sich hierbei um von aussen angegriffene und in Folge davon maschig gezeichnete Körper und ich muss es dahingestellt sein lassen, in wie weit diese seine Deutung zutrifft²⁾. Dass es sich in

¹⁾ Stärkekörner, Taf. XVIII, Fig. 10—16 und 27, Figurenerklärung, p. 580, Text p. 125.

²⁾ Bei einigen, einigermaassen ähnlichen, von A. F. W. Schimper dargestellten Bildern (Bot. Zeitung, 1881, Taf. II, Fig. 1) handelt es sich zweifelsohne, wie auch Schimper selbst angiebt (l. c. Sp. 185), um partielle Auflösungen.

unserm Falle aber wirklich um eine Structureigenthümlichkeit handelt, das zeigt das Vorhandensein der Zeichnung bei allen Stärkekörnern derselben Art, deren grosse Regelmässigkeit und auch die gleich zu schildernde Entwicklungsgeschichte.

Die Bildung der Stärke beginnt in den Makrosporen erst, wenn dieselben im Uebrigen ihre Entwicklung vollendet haben. — Die Makrospore füllt sich zunächst mit Protoplasma, das kammerige Structur zeigt; hierauf treten die Stärkekörner auf. Hat man die Makrosporen durch Einlegen in absoluten Alcohol gehärtet, so lässt sich nach Aufschneiden derselben der Inhalt mit den Nadeln freilegen. Unsere Fig. 49, Taf. IV, zeigt ein Stückchen solchen isolirten Inhaltes von *Marsilia diffusa*. Die Stärkekörner liegen allseitig in dem Protoplasma eingebettet, besonders differenzirte Stärkebildner fehlen. Die Höhlung, die vom Stärkekorne ausgefüllt wird, zeigt einen stärker lichtbrechenden Rand, welcher Mikrosomen führt. Besonders schön wird das Bild nach Behandlung mit tingirenden Mitteln: mit Jodlösung oder Hämatoxylin. Am instructivsten sind solche Höhlungen, aus denen das Stärkekorn herausfiel: so die obere Höhlung links und die unterste rechts in der Figur. Die Höhlungen unterscheiden sich in Nichts von denjenigen, in welchen die in Bildung begriffenen Mikrosporen der Marsilien liegen. Andere kleinere, unregelmässige Höhlungen im Plasma, ohne scharfen Contour, röhren von den herausgelösten, zum Theil auch noch erhaltenen Oeltropfen her. Die Art, wie sich der Plasmarand um die Stärkekörner verhält, legt schon die Annahme nahe, das Stärkekorn wachse nicht anders wie die Cellulosemembran. Hierfür sprechen auch alle andern Erscheinungen. Die mit Jod behandelten Körner färben sich an ihrer Oberfläche heller, als im Innern. In dem Maasse als neue Lamellen von aussen apponiert werden, verändern die von der Oberfläche sich entfernenden, dem Einfluss des umgebenden Mediums entzogenen, in etwas ihre chemische Natur. Die jungen Stärkekörner zeigen nur Andeutungen der Schichtung, verhalten sich somit ganz ebenso, wie junge Membranen; dass sie aber trotzdem geschichtet sind, davon kann man sich unschwer überzeugen. Die Oberfläche des Korns ist stets resistenter, als das Innere, wie wir denn auch an wachsenden Membranen stets ein Grenzhäutchen vorfanden.

Marsilia diffusa bildet zusammengesetzte Körner; das zeigt

sich schon an dem in der Abbildung vorgeführten Zustande. Zu nahe angelegte Körner stoßen nämlich bald auf einander (sowie in der Figur oben rechts und in der Mitte zu sehen) und werden weiterhin von gemeinsamen Lamellen umgeben.

Sehr wichtig war es mir, die Entwicklungsgeschichte des den Körnern aufsitzenden Netzwerks zu gewinnen, ich wandte mich zu diesem Zwecke an *Marsilia salvatrix*, deren Körner ein so deutliches Netzwerk besitzen. Unter fast reifen Makrosporen lassen sich bei einiger Geduld welche finden, die das Netzwerk in Entwicklung zeigen. Der Inhalt der Makrosporen muss auch hier zuvor fixirt sein. Er zeigt trotzdem bei der Befreiung, der vielen Einschlüsse an Fett und Stärke wegen, wenig Zusammenhalt. Die Stärkekörner fallen aus einander. Sie tragen, falls der betreffende Entwicklungszustand getroffen wurde, an ihrer Oberfläche eine feine Plasmaschicht mit zierlichem Netzwerk (Taf. IV, Fig. 50). Dieses Netzwerk entspricht durchaus der an der Oberfläche des Stärkekorns später wahrzunehmenden Zeichnung. Die Plasmaschicht tingirt sich schön mit Hämatoxylin, während das Stärkekorn ungefärbt bleibt. Scharf tritt jetzt das Netzwerk mit seinen Mikrosomen hervor. Es bildet eine Verstärkung der Plasmaschicht. Die Mikrosomen sind zu einfachen Reihen angeordnet, an den Knotenpunkten besonders markirt. Bei Befreiung des Inhalts aus der Makrospore, ist durch die Nadel, von vielen Stärkekörnern, die Plasmaschicht theilweise entfernt worden. Man findet entweder das Stärkekorn unter dem Netz noch völlig glatt (Fig. 51) oder eine dem Netzwerk entsprechende, beginnende Zeichnung auf dem Korne (Fig. 52). Auf nächst folgendem Zustande ist von einer Plasmaschicht an den Stärkekörnern nichts mehr zu sehen, wohl aber die ausgeprägte Zeichnung ihrer Oberfläche. Daraus folgt: erstens, dass hier das Protoplasma, ganz wie bei der Verdickung der Zellwand sich zuvor in die Formen legt, welche der Verdickung entsprechen; zweitens, dass zu dieser Verdickung Protoplasmata und Mikrosomen ganz wie dort dienen und in der Bildung der Verdickungsschicht schliesslich verbraucht werden; drittens, dass das Stärkekorn auf seiner Oberfläche wächst.

Die Stärkekörner in den Markstrahlzellen der Coniferen werden auch ohne Stärkebildner erzeugt. Bei *Pinus sylvestris* konnte ich dieselben bis auf die erste Anlage zurück-

verfolgen. Die Bildung der Stärke beginnt 4—5 Zellängen vom Cambium entfernt. Die getüpfelten Randzellen des Markstrahls sind an dieser Stelle schon entleert. Die zunächst winzigen Stärkekörnchen liegen deutlich in den Strängen des Plasmanetzes und scheinen direkt aus Mikrosomen hervorzugehen. An der Bildung eines längeren Stärkekornes betheiligt sich eine Mikrosomenreihe¹⁾. Die etwas grösser gewordenen Stärkekörner liegen deutlich in Plasmataschen, deren Innenvand etwas lichtbrechender ist und Mikrosomen führt (Fig. 44). Je grösser das wachsende Stärkekorn, um so deutlicher werden diese Verhältnisse. Man findet sie auch in älteren Zellen der Markstrahlen und der Rinde wieder, wo Stärkekörner gebildet werden. Der Rand der wachsenden Stärkekörner färbt sich auch hier mit Jod heller, als die inneren Theile, ganz junge Stärkekörner in ihrer ganzen Masse hell.

Wir haben somit einige Fälle kennen gelernt, in welchen die Stärkekörner ohne besonders geformte Stärkebildner entstehen und wachsen. Im Princip werden beide Vorgänge sich nicht unterscheiden, insofern hier wie dort Protoplasma und Mikrosomen zur Bildung der Stärke verbraucht werden. Wo Stärkebildner vorhanden sind, liegt nur eine weitergehende Arbeitsteilung im protoplasmatischen Zellkörper vor. Dabei ist es von vornherein wahrscheinlich, dass alle excentrisch gebauten Stärkekörner aus differenzierten Stärkebildnern entstehen. Der excentrische Bau folgt ja aus einer einseitigen Ernährung und diese erklärt sich ohne Weiteres aus dem Vorhandensein eines Stärkebildners an nur einem Ende des Korns. Damit ist nicht gesagt, dass alle centrisch gebauten Körner ohne Stärkebildner entstanden sind. Ein gleichmässiges Wachsthum im ganzen Umfang des Stärkekorns ist ja möglich, so lange es von der Substanz des Stärkebildners umgeben ist²⁾.

Wir konnten bei *Marsilia diffusa* feststellen, dass die zusammengesetzten Stärkekörner in den Makrosporen durch Vereinigung ursprünglich isolirter Körner entstehen. A. F. W.

¹⁾ Die Anlage vieler Stärkekörner ist hier somit nicht rund, sondern spindelförmig und so hebt denn auch Trécul hervor, dass nicht alle Stärkekörner bei ihrer Anlage rund, vielmehr unter Umständen spindelförmig seien. Ann. d. sc. nat. Bot. 4me, Sér. B, X, 1858, p. 242.

²⁾ Vgl. A. F. W. Schimper, Bot. Zeitung, 1880, Sp. 885.

Schimper¹⁾ hat vor kurzem eine grosse Zahl solcher Beispiele geschildert und war zu der Ueberzeugung gelangt, dass alle sowohl halb wie ganz zusammengesetzten Stärkekörner einen ähnlichen Ursprung haben, dass sie mit einem Worte durch Vereinigung ursprünglich getrennter Körner und nicht durch innere Spaltung entstehen. Schon Crüger hatte Aehnliches beobachtet²⁾. „Nimmt man,“ schreibt er, „von Batatas edulis ein Stengelstück aus der Erde, das gerade in Begriff ist, sich in die Dicke zu entwickeln, so findet man die Parenchymzellen mit kleinen Stärkekörnern versehen, gewöhnlich in grosser Anzahl, aber alle einzeln stehend, oder nur wenig einander genähert. Die nächste Entwicklungsstufe ist die, wo sie sich mit abgeflachten Seiten etwas näher stehen, und dann kann man auch jene Uebergangssubstanz zwischen ihnen wahrnehmen, indem es dann nur noch diese ist, die zwei oder mehr Körner von einander scheidet. In älteren Zellen ist die Berührung der Körner inniger und die Uebergangssubstanz ist verschwunden.“ — Auch Dippel³⁾ hatte sich dahin ausgesprochen, dass die jüngsten, sowie die späteren Entwicklungszustände, keinen Zweifel darüber lassen, dass die Doppelkörner aus der Verwachsung zweier einfacher Körner, nicht aber aus der Differenzirung zweier Kerne in einem Korne entstehen. — „In den meisten, excentrische Stärkekörner führenden Pflanzenorganen,“ schreibt nunmehr Schimper⁴⁾, „erzeugen die Chlorophyllkörner, oder die Stärkebildner häufig Stärkekörner an zwei oder mehreren Punkten ihrer Peripherie. Wo zwei Stärkekörner einander gegenüberliegen, werden natürlich ihre hinteren Enden einander zugekehrt sein. Der Bildungsherd nimmt, wenn die Stärkekörner eine gewisse Grösse übertroffen haben, allmälig ab, stellt nach einiger Zeit nur noch eine dünne Schicht zwischen denselben dar und verschwindet schliesslich voll-

¹⁾ Untersuchungen über die Entstehung der Stärkekörner. Bot. Zeitung, 1880, Sp. 888—890, Taf. XIII, Fig. 25—32, u. Untersuchungen über das Wachsthum der Stärkekörner, Bot. Zeitung, 1881, Sp. 217 ff. Taf. II, Fig. 8—18.

²⁾ Westindische Fragmente 3, Beitrag zur Stärkemehlkunde, Bot. Zeitung, 1854, Sp. 48, Taf. II, Fig. 16.

³⁾ Mikroskop, II. Th., 1869, p. 26.

⁴⁾ l. c. Sp. 221.

ständig. Beide Körner sind nun zu einem zusammengesetzten Korne, dessen Kernenden von einander abgekehrt sind, verwachsen.“ Ich führe diesen Abschnitt aus der Schimper'schen Abhandlung an, weil er sich speciell auf den Fall bezieht, wo zwei Körner mit abgekehrten Kernenden mit einander verwachsen sind. Ein solches Zwillingskorn figurirt aber bei Naegeli und Schwendener¹⁾ neben Caulerpa als eine der Hauptstützen des Intussusceptionswachsthums. Dass das Naegeli'sche Korn keine andere Entwicklungsgeschichte, wie die hier geschilderte hatte, unterliegt nicht dem geringsten Zweifel. Zwar hält Naegeli noch an der Existenz echter, aus einem einfachen Korn entstandener, zusammengesetzter Körner fest²⁾, doch müsste diese Ansicht, um Werth zu gewinnen, entwicklungs geschichtlich gestützt werden, da die zahlreichen neuen Untersuchungen bisher in allen Fällen, auch den von Naegeli als Beispiel im „Mikroskop“ abgebildeten, einen anderen Ursprung, als den von Naegeli angenommenen, festgestellt haben.

Ueber den Bau der Stärkekörner und Zellhäute und das Verhältniss der Quellungsrichtungen zu dem anatomischen Bau.

Die Stärkekörner wachsen durch Auflagerung neuer Schichten. Dieses Resultat stimmt mit der Auffassung älterer Phytotomen: Schleiden, Unger, Crüger, Schacht überein. Zu gleichen Ergebnissen war neuerdings auch A. F. W. Schimper³⁾ und Arthur Meyer⁴⁾ gekommen. Schimper fand, dass corroderte Stärkekörner an ihrer Oberfläche neue Schichten erhalten können, und dass man in den fertigen, frischen Körnern, bei günstiger Beleuchtung, das corroderte Korn noch sehen könne. Schimper nimmt aber weiter an, dass die Schichten durch nach-

¹⁾ Mikroskop, II. Aufl., p. 541, Fig. 298 A.

²⁾ Bot. Zeitung, 1881, Sp. 664.

³⁾ Bot. Zeitung, 1881, Sp. 185.

⁴⁾ Ebendas., 1881, Sp. 864.

trägliche Differenzirung der aufgelagerten Substanz entstehen, indem eine einfache, dichte Schicht in drei Schichten, eine mittlere weiche, eine innere und eine äussere dichte zerlegt wird¹⁾. Schimper hielt eben an der von Naegeli behaupteten Abwechselung wasserarmer und wasserreicher Schichten noch fest und suchte sie in Einklang mit dem Appositionswachsthum zu bringen. Er stellte zu diesem Zwecke Erklärungsversuche an, welche Naegeli entschieden zurückwies. Ich selbst sah mich veranlasst, die Abwechselung der weichen und dichten Schichten aufzugeben; kam ausserdem zu einer bestimmten Vorstellung über den Aufbau der einzelnen Lamellen und suchte aus diesem die Bildung der radialen Risse zu erklären. Unerörtert blieb bisher die geringere Dichte der Stärkekörner in ihrem Innern. Wir haben gesehen, dass auch bei fortwachsenden Membranen die innersten, an den Zellinhalt grenzenden Lamellen sich anders, als die vom Zellinhalt abgeschlossenen verhalten. Im Allgemeinen nimmt jede Lamelle, nachdem sie von anderen überdeckt wurde, an Lichtbrechungsvermögen ab. Dieses hängt mit einer Zunahme des Wassergehaltes zusammen. So auch bei Stärkekörnern. Die von aussen apponirten Schichten werden schwächer lichtbrechend und wasserreicher in dem Maasse, als sie sich von der Oberfläche des Korns entfernen; gleichzeitig tritt eine dunklere Färbung derselben mit Jod ein. Diejenigen Theile des Stärkekornes hingegen, die nicht weiter wachsen, denen somit keine neuen Schichten apponirt werden, behalten ihre ursprüngliche Dichte, ja ihre Dichte nimmt mit dem Alter noch zu. So zeichnet sich das vordere zugespitzte Ende der stark excentrischen Phajus-Stärkekörner durch besondere Dichte aus; es repräsentirt den ältesten Theil des Kernes, der dem Einflusse des umgebenden Mediums ausgesetzt war. Auf die wachsenden Stärkekörner macht sich somit der Einfluss der Umgebung in der Art geltend, dass Lamellen, die demselben entzogen werden, an Wassergehalt gewinnen; Lamellen, die ihm dauernd ausgesetzt sind, besondere Dichte erreichen. Da nun jede neue Lamelle fest mit den vorhergehenden verbunden ist, so übt sie bei steigendem Wassergehalt einen Zug auf dieselben aus. Sie sucht dieselben auszudehnen, somit das ganz Stärkekorn zu vergrössern. Durch den, auf die inneren La-

¹⁾ I. c. Sp. 204.

mellen fort und fort ausgeübten Zug wird die Wassereinlagerung in denselben begünstigt. Die Wassereinlagerung erfolgt aber nur in tangentialer Richtung. Das Korn strebt sich an der Peripherie unaufhörlich zu vergrössern, wird aber in diesem Bestreben durch die inneren, zu dehnenden Lamellen verhindert. Daher in jedem Stärkekorne, wie schon Naegeli¹⁾ angab, jede Lamelle positiv gegen die nächst innere, negativ gegen die nächst äussere gespannt ist. Daher die Schnittfläche eines median halbirten Stärkekorns concav wird²⁾. Aus der gegebenen Entwicklungsgeschichte folgt, dass in einem wachsenden Stärkekorn der Kern am wasserreichsten sein wird, ja er kann sich in Folge fortgesetzt tangentialer Flächenzunahme der innersten Lamellen, wie bei künstlicher Quellung, sogar ausöhnen. Streng genommen wird aber der Wassergehalt der Schichten nur in centrisch gebauten Körnern, oder solchen excentrisch gebauten, die bis zuletzt einzelne vollständige Lamellen bilden, stetig von aussen nach innen zunehmen; nicht in excentrisch gebauten Körnern mit ganz einseitigen Lamellen. Bei solchen Körnern gilt der zunehmende Wassergehalt nur für den ältesten, centrisch gebauten Theil, während in dem einseitig aufgebauten Theile der tangentiale, von den jeweilig äussersten Lamellen geübte Zug schon in geringer Tiefe unwirksam werden wird. So sahen wir denn auch, dass bei Phajus, in dem einseitig gebauten Theile der Stärkekörner, eine regelmässige Zunahme des Wassergehaltes von den jüngeren gegen die älteren Theile nicht zu constatiren war. Bei solchen excentrisch gebauten Körnern ist andererseits der Einfluss des umgebenden Mediums besonders deutlich zu sehen, indem Theile, die längere Zeit diesem Einfluss ausgesetzt waren, dichter erscheinen. Die schon erwähnte grössere Dichte des vorderen Endes der Stärkekörner von Phajus, stellt sich schon während des Wachsthums derselben ein; so auch zeichnen sich durch grössere Dichte die freien Ränder der einseitig gebildeten Schichten aus. Bei den centrisch oder annähernd centrisch gebauten Körnern wirkt letztere Ursache mit den entwicklungs geschichtlichen Gründen zusammen, um im fertigen Zustande nach der Oberfläche hin eine Abnahme des Wassergehalts zu

¹⁾ Zuletzt wiederholt in Bot. Zeitung, 1881, Sp. 657.

²⁾ Vergl. Schimper, Bot. Zeitung, 1881, Sp. 203.

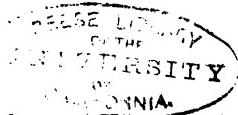
bedingen; während bei solchen excentrisch gebauten Stärkekörnern, wie diejenigen von Phajus, ein entwicklungsgeschichtlicher Grund für die grössere Dichte der Lamellenränder nicht vorhanden ist. Der dauernde Einfluss der Umgebung verringert die Quellungsfähigkeit der Oberfläche und veranlasst somit auch eine Erscheinung, die von Hartig¹⁾ bereits für die Kartoffelstärke beschrieben worden ist und die ich bestätigen kann. Es bilden sich hier nämlich an der Oberfläche zarter Schnitte, bei Contact mit Wasser, sehr oft scharfe Zähne „Umkippungen“, wie sie Hartig nannte. Sie verdanken ihre Entstehung einer stärkeren Quellung der dicht unter der Oberfläche gelegenen Lamellen, wodurch das weniger quellbare Grenzhäutchen stellenweise umgeschlagen wird. Die Stärkeschnitte quellen aber, weil sie, wie ich annehmen muss, beim Schneiden mehr oder weniger desorganisiert werden. So erklärt W. Naegeli²⁾ auch die Erscheinung, dass sich Durchschnitte durch Stärkekörner mit Lakmus, einem bestimmten Anilinroth, Alizarin und dem Farbstoffe des Campecheholzes färben, während unveränderte Stärkekörner den Farbstoff nicht aufnehmen. Zerreibt man, schreibt W. Naegeli, Stärkekörner zwischen zwei Glasplatten, so färben sich nur die stark zertrümmerten Körner vollständig, während sich solche, die nur Risse haben, blos in der Nähe derselben färben. Auch nach langem Liegen in der Lösung, ist der Farbstoff nicht tiefer eingedrungen. Es vermögen die genannten Farbstoffe, wie W. Naegeli angiebt, überhaupt nur in die gequollene Stärke einzudringen³⁾, und Schneiden wie Zertrümmerung veranlassen Quellung.

Die Bildung radialer Risse in Stärkekörnern haben wir bereits besprochen und hervorgehoben, dass in tangentialer Richtung die Cohesion am schwächsten ist und vorhandene Spannungsverhältnisse sich daher durch radiale Risse ausgleichen. In concentrisch gebauten Stärkekörnern werden die innersten, wasserreichsten Schichten und der Kern beim Austrocknen das meiste Wasser verlieren, daher sich die Risse

¹⁾ Bot. Zeitung, 1856, Taf. VIII, Fig. X, 1—3; Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims, Taf. III, Fig. 30 u. 31, p. 87.

²⁾ Beiträge zur näheren Kenntniß der Stärkegruppe 1874, p. 78.

³⁾ Gewisse andere Farbstoffe tingiren nach v. Naegeli auch unveränderte Stärkekörner. Vergl. Bot. Zeitung, 1881, Sp. 645.



nach innen erweitern. Bei excentrisch gebauten Körnern sind Risse in denjenigen Schichtencomplexen, welche nicht um das ganze Korn laufen, bei mässigem Wasserverlust kaum zu sehen, weil die Ausgleichung der Spannungen von den Seiten her bis zu einem gewissen Grade möglich ist. Eine vollständige Ausgleichung der Spannungen wird aber durch die um so viel grössere Dichte der Oberfläche verhindert und trat daher bei starkem Wasserverlust schliesslich auch bei Phajus der starke Riss auf, der die dichte Oberfläche von den inneren, weniger dichten, durch Wasserverlust stark contrahirten Theilen des Kernes schied.

Die Adhaesion der Lamellen ist bei der Stärke eben so fest wie in den meisten Membranen und gelingt es somit auch durch Druck nicht die Schichten von einander zu trennen, während die Bildung radialer Risse durch Druck leicht zu bewerkstelligen ist¹⁾.

Ich habe auf die Uebereinstimmung hingewiesen, welche der optische Schnitt eines Stärkekorns mit dem Querschnitt bestimmt gebauter Zellhäute zeigen kann. Diese Uebereinstimmung ist in der That zu gross, als dass sie nur eine zufällige sein sollte. Wären also die in letzter Zeit gemachten Versuche, die Stärkekörner als Sphärokristalle zu deuten²⁾, gerechtfertigt, so müssten sie sich, so sollte man meinen, auch auf Zellhäute ausdehnen lassen. Dies scheint mir nun zunächst nicht wohl möglich³⁾. Der radiale Aufbau der Stärkekörner aus stäbchenförmigen Elementen erweckt ja in der That die Vorstellung, dass es sich hier um entsprechend viel radial angeordnete Krystallnadeln handle, doch müsste die Deutung dann auch wohl für das geschilderte Pinusholz zutreffen, während wir doch sahen, dass dort von einer zur andern Zelle dieser Bau sich änderte und tatsächlich davon abhing, ob die betreffenden Zellen in der Flächenansicht gestreift waren oder nicht. Gerade bei den fein gestreiften Pinuszellen gelang es

¹⁾ Vergl. auch Schimper, l. c., Sp. 192.

²⁾ Schimper, Bot. Zeitung, 1881, Sp. 223. — Arthur Meyer, ebendas, Sp. 841.

³⁾ Besonders auffallend ist die Aehnlichkeit der Stärkekörner auch mit Entwicklungszuständen von Cystolithen die Penzig neuerdings abbildete. Vergl. Bot. Centralblatt, 1881, Nr. 52. Die Cystolithen von *Ficus elastica* sind, wie hier bemerkt sei, negativ doppelbrechend.

uns aber, die Streifung in sehr nahe Beziehung zu den Mikrosomenreihen des Plasmeschlauchs zu bringen und es schien uns oft, als wenn die Dicke der Streifen nur je einer Mikrosomenreihe entspräche. Sollte da nicht für die Stärke die Möglichkeit mit erwogen werden, ob nicht die einzelnen radialen Elemente der Lamellen in ihrer Lage der Stellung entsprechen, welche die Mikrosomen in den die Stärkelamellen bildenden Plasmalagen innehatten? In den Stärkelamellen wäre dann die tangentiale Verschmelzung dieser Mikrosomen eine relativ unvollständige. In dem fein gestreiften Pinusholze wären die Mikrosomen derselben Schraubenlinie vollständig verschmolzen, nicht so die Mikrosomen der benachbarten Schraubenlinien. In anderen Pinuszellen mit dickeren Schraubenbändern hatte man auch die seitliche Verschmelzung einer grösseren oder geringeren Zahl schraubiger Mikrosomenreihen vor Augen. In den Pinuszellen mit rein concentrischer Schichtung, ohne radiale Zeichnung, wären die Mikrosomen jeder Schicht allseitig verschmolzen. In allen Fällen entspricht aber, wie wir an verschiedenen Beispielen sehen konnten, jede primäre Lamelle nur einer einzigen Lage von Mikrosomen.

Die hier für Stärke besprochenen Verhältnisse gelten grösstentheils auch für die Cellulosewände, nur mit der Umkehrung, welche das entgegengesetzt fortschreitende Dickenwachsthum mit sich bringt. Die Lamellen werden nur an der Innenseite apponirt; sie suchen, nach der Anlage, ihr Volumen zu vergrössern, werden aber in ihrem Ausdehnungsstreben durch die älteren Lamellen behindert. Letztere sind somit einem Druck von innen her ausgesetzt und üben ihrerseits einen Gegendruck aus.

Die von jüngeren Lamellen überdeckten Schichten der Membran erfahren, wie bei der Stärke, eine Veränderung, welche mit einem Sinken ihrer Lichtbrechung verbunden ist. Anhaltender Einfluss des angrenzenden Mediums ruft, wie bei der Stärke, dauernde Veränderungen an den Lamellen hervor, denn jede längere Unterbrechung im Wachsthum scheint sich durch eine deutlichere Grenzfläche zu markiren. Ein Grenzhäutchen von besonderer Dicke kommt nach Abschluss des Wachsthums zu Stande, entsprechend der dichten Oberfläche des fertigen Stärkekornes.

Die Entwicklungsvorgänge an der Cellulosemembran bringen es also mit sich, dass dieselbe als Ganzes, von etwaigen späteren Veränderungen abgesehen, entgegengesetzt gespannt ist als wie ein Stärkekorn. Letzteres sucht sich an seiner Oberfläche, die Cellulosewand in ihrem Innern zu erweitern. In der Cellulosemembran ist somit, entgegen dem Stärkekorn, jede Lamelle positiv im Verhältniss zu der nächst äusseren, negativ im Verhältniss zu der nächst inneren gespannt.

Die Quellungsrichtung an den Zellhäuten hängt in auffälliger Weise mit der anatomischen Structur zusammen. Nach Zerstörung dieser Structur, ob im natürlichen Verlauf der Entwicklung, ob durch künstliche Mittel, schreitet die Volumenzunahme bei Quellung in unbestimmten Richtungen fort, um eventuell bis zur Lösung zu führen. Ausser der Quellungsrichtung, die durch die anatomische Structur bestimmt wird, haben wir noch die Quellungsfähigkeit verschiedener Zellhäute und auch verschiedener Lamellen derselben Zellhaut zu berücksichtigen, die mit chemischen Differenzen und auch Differenzen im molekularen Aufbau zusammenhängen kann.

Naegeli stellte fest, „dass aufquellende Bastzellen in der Querschnittsansicht die inneren Schichten mehr oder weniger verbogen zeigen, woraus folgt, dass dieselben in tangentialer Richtung stärker aufquellen als in radialer. Die inneren Schichten dehnen sich ferner in tangentialer Richtung stärker aus als die äusseren Schichten. Dies verursacht zuweilen ein Platzen der äusseren. Die entzwei geborstene äussere Hälfte der Wandung löst sich manchmal theilweise von der inneren Hälfte ab und streckt sich mehr oder weniger gerade. Dies beweist, dass an ihr ebenfalls die inneren Schichten in tangentialer Richtung stärker sich ausdehnen als die äusseren.“ Diese Schilderung stimmt zu den von uns an den Markzellen von Clematis und den Prosenchymzellen des Centralcylinders der Smilaxwurzel gesammelten Erfahrungen. Die im Verhältniss grössere Quellungsfähigkeit der inneren Lamellen der Zellhaut in tangentialer Richtung scheint somit eine ganz allgemein verbreitete Erscheinung zu sein, soweit nicht nachträglich Veränderungen die Quellungsfähigkeit der äusseren Schichten modifizieren. Naegeli giebt weiter an, dass in Folge

¹⁾ Sitzsbr. der k. bair. Akad. der Wiss., 1864, 2, 9. Juli, p. 162.

der Quellung die Bastzellen dicker und kürzer werden¹⁾), wobei die äusseren Schichten sich stärker verkürzen als die inneren²⁾). Damit ist eine beträchtliche Volumenzunahme verbunden. Ein Zusammenrücken der Moleküle in der Längsrichtung ist hierbei nicht anzunehmen, denn mit dem Kürzerwerden findet eine Drehung des Cylinders statt, was man an den Spiralstreifen deutlich sieht. Ihre Windungen werden niedergedrückt, so dass sie weniger steil aufsteigen und mit der Axe einen grösseren Winkel bilden. Dabei wird jeder einzelne Streifen absolut länger und dasselbe, schreibt Naegeli, gilt ohne Zweifel für die Molecularreihen, die wohl mit den Streifen in der Richtung zusammenfallen³⁾). Für die „Bastfasern“ der Chinarinde stellt Naegeli durch Messung fest, dass die Volumenzunahme der einzelnen concentrischen Lamellen gleich gross ist, oder nur wenig beträchtlicher bei den inneren. Alle Lamellen haben ferner das Bestreben, stärker in die Dicke als in die Fläche aufzuquellen, aber rücksichtlich der Quantität besteht eine bedeutende Differenz zwischen aussen und innen. Die äussersten Schichten haben nämlich verhältnissmässig die grösste Neigung zur Verdickung und die Abneigung, in die Fläche zu wachsen. Dieser Gegensatz zwischen Dicken- und Flächenwachsthum wird allmälig schwächer, je mehr die Lamellen nach innen liegen⁴⁾). — Messungen, die ich an den Schichten quellender Querschnitte der Markzellen von Clematis anstellte, was sehr leicht wegen der scharfen Abgrenzung der Schichten dort auszuführen war, zeigten, dass dieses Verhalten nicht allgemein gelten kann. In den Markzellen von Clematis nahmen die inneren wie die äusseren Schichten annähernd in gleichem Maasse an Dicke zu. Die scharf markirten Schichten in den Parenchymzellen der Smilax-Wurzel verhielten sich nicht anders. Die abweichenden Erscheinungen an den Bastfasern von Chinarinden müssen also an specielle Bedingungen geknüpft sein. Diese können in der That in Bastfasern in der schwächer oder stärker entwickelten, gleich oder entgegengesetzt gerichteten Streifung der einzelnen Schichten gegeben

¹⁾ l. c. p. 156.

²⁾ l. c. p. 157.

³⁾ l. c. p. 160.

⁴⁾ l. b. p. 163 u. ff. u. 167.

sein. Sehr schön zeigt sich ausserdem an Bastfasern das Verhältniss der Quellungsrichtung zu der anatomischen Structur an den mit den Quellungserscheinungen verbundenen Torsionen. Naegeli stellte zuerst fest, dass die Drehung der Baumwollfasern in Schwefelsäure constant der Windung der stärksten Spiralstreifen entgegengesetzt ist¹⁾. So findet auch Zimmermann²⁾, dass in den hygroskopische Torsionen zeigenden Grannen der Gramineen die Richtung der Drehung sich mit bestimmten anatomischen Structurverhältnissen der Zellwände in Verbindung bringen lässt. In dem Mittelsäulchen der Grannen von *Avena sterilis* haben die zwei bis drei äussersten Schichten prosenchymatisch zugespitzter Zellen eine linksläufige, spirale Differenzirung der Wand aufzuweisen; die inneren, mit fast horizontalen Querwänden versehenen Zellen verrathen einen Aufbau aus geneigten Ringen. Die Orientirung dieser Ringe ist derart, dass sie zusammen im ganzen Organ eine linksläufige Spirale bilden. Die äusseren Zellen haben das Bestreben, sich beim Austrocknen nach links zu drehen, beim Befeuchten wieder gerade zu strecken, beim Quellen rechts zu drehen. Die inneren, mit geneigten Ringen versehenen Zellen haben kein Torsionsbestreben, sie ziehen sich nur beim Austrocknen zusammen, hierbei dürften sie aber, wie Zimmermann wahrscheinlich zu machen sucht, sich in der Richtung der gemeinsam gebildeten Spirale neigen und die Drehung der Granne unterstützen. — In den Grannen (Theilfruchtschwänzen) von *Geranium sanguineum*, die sich in einer Ebene krümmen, sieht man in den äusseren Zellen kleine, ovale, transversal gestellte Poren; in den inneren spaltenförmige, genau longitudinal oder in steilen, rechtsschiefen Spiralen aufsteigende Poren. Die Zellen mit transversal gestellten Poren contrahiren sich in der Längsrichtung stärker als die mit longitudinal gestellten Poren. Es würde dies, meint Zimmermann, einen neuen Beleg dafür liefern, dass zwischen Quellung und Richtung der Poren eine derartige Beziehung besteht, dass die erstere in der Richtung senkrecht zum Verlauf der Poren stärker ist, als in der Richtung der Poren selbst. Zimmermann schliesst im Allgemeinen dahin, dass die anatomische Differenz mit der Verschiedenheit in der Stärke der Quellung in Zusammenhang

¹⁾ l. c. p. 124.

²⁾ Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XII, 1881, p. 545.

gebracht werden muss¹⁾. Er sucht freilich diese anatomische Structur unmittelbar mit dem „micellaren“ Aufbau zu identificiren, indem er kurzweg von spiralig verlaufenden Micellarreihen spricht. Hierin kann ich ihm nicht folgen, indem ich in der sichtbaren, oder auch nur aus dem Verlauf der Tüpfel zu erschliessenden Structur, eine anatomische Differenzirung erblicke, ähnlich sonst der Ausbildung grober, schraubenförmiger, ringförmiger oder sonstiger Verdickungen. Das Verhältniss dieses Baues zu der Molekularstructur ist erst weiter zu prüfen. Dass die feinen Streifen der Zellwand nicht der unmittelbare Ausdruck des molekularen Aufbaues sein können, folgt ja aus dem Umstände, dass sie in der Anordnung der Mikrosomen im Plasmachlauche schon vorgezeichnet sind.

Die Thatsache, dass bei Zellhäuten die Quellungsrichtung zu dem anatomischen Bau in Beziehung steht, dass gewisse Quellungsmaxima senkrecht bestimmte Structurverhältnisse treffen, ergänzt somit und erhellt die von mir an quellenden Stärkekörnern gemachten Beobachtungen und bringt neue Uebereinstimmungen für beide Gebilde.

Die Proteinkristalle.

Die Proteinkristalle (Krystalloide Naegeli's) weichen von anderen Krystallen nur durch ihre Quellfähigkeit ab, für welche aber nach Schimper dieselben Gesetze gelten, wie für die Ausdehnung anderer Krystalle durch Wärme²⁾. Pfeffer hat gezeigt, dass diese Proteinkristalle während ihrer Bildung sich allmälig vergrössern und von Anfang an in der Form mit dem fertigen Zustande übereinstimmen³⁾. Auch gelang es Schmiedeberg⁴⁾, Schimper⁵⁾, Drechsel⁶⁾ und Ritthausen⁷⁾,

¹⁾ l. c. p. 566. 569.

²⁾ A. F. W. Schimper, Untersuchungen über die Proteinkristalloide der Pflanzen, 1879, p. 35, und Zeitschrift für Krystallographie, Bd. V, 1880.

³⁾ Jahrbuch. f. wiss. Bot., Bd. VIII, p. 517, 1872.

⁴⁾ Naegeli, Sitzbr. der k. bair. Akad., 1862, Bd. II, p. 319, vermutete hingegen, dass die „Krystalloide“ als kugelige Körper auftreten und erst mit dem Wachsthum Krystallformen annehmen.

⁵⁾ Zeitschr. für physiol. Ch., 1877, Bd. I, p. 205.

⁶⁾ l. c. p. 62.

⁷⁾ Journ. für prakt. Chemie, Bd. 19, 1879.

⁸⁾ Ebendas., Bd. 25, 1882, p. 130.

ganz vollkommene Proteinkrystalle künstlich zu erhalten, so dass absolut kein Grund mehr vorliegt, diese Krystalle durch Intussusception wachsen zu lassen. Die Schichtung, die Cohn¹⁾ und Schimper²⁾ an den Proteinkrystallen beobachteten, wird, wie die Schichtung an anderen Krystallen, den Momenten längerer Unterbrechung im Wachsthume entsprechen. Die verschiedene Dichte der Schichten dürfte vielleicht während der Bildung gegebene Differenzen im Wassergehalt des umgebenden Protoplasmas anzeigen. Auch mag die Substanz der Proteinkrystalle, weil imbibitionsfähig, auch langsamem chemischen Veränderungen unterliegen. So möchte ich die grössere Löslichkeit der inneren Theile der Krystalle erklären, vor Allem auch die öfters netzförmige Vertheilung resistenterer Substanz innerhalb der einzelnen Schichten. Manche Angabe über die Abwechselung dichter und minder dichter Schichten dürfte auf Trennung der aufeinander folgenden Schichten bei der Quellung zurückzuführen sein. So giebt Schimper³⁾ an, dass die minder dichten Schichten der quellenden Krystalle von Musa Hillii sich nur wenig, manche scheinbar gar nicht, von Spalten in ihrer Lichtbrechung unterscheiden.

Die künstlich hergestellten Proteinkrystalle zeichnen sich nur durch geringere Quellbarkeit vor den natürlichen aus⁴⁾.

Van Tieghem⁵⁾ giebt an, dass bei Mucorineen die Eiweisskrystalle allem Anschein nach aus einer eliminierten Substanz entstehen. Sie treten nämlich vor Abgrenzung der Reproduktionsorgane in grösserer oder geringerer Menge auf und bleiben, von diesen getrennt, jenseits der gebildeten Scheidewände liegen. Dieser Fall ist somit instructiv, weil er doch wohl zeigt, dass es sich bei der Bildung dieser Eiweisskrystalle nicht um eine organisirende Thätigkeit, sondern um einen einfachen Krystallisationsvorgang handelt.

¹⁾ 37. Jahresbr. der schl. Gesell. für vaterl. Cultur, 1860.

²⁾ I. c. p. 47. Vergl. auch die Abbild. von Klein, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XIII, Taf. I, Fig. 4 u. a. m.

³⁾ Zeitschr. für Kryst., 1880, p. 158.

⁴⁾ Schimper, Unters. p. 63.

⁵⁾ Ann. d. sc. nat. Bot., VI^e sér., T. I, p. 24.

Scheidewandbildung.

Augenscheinlich hat die Bildung der Verdickungsschichten an Zellhäuten die grösste Aehnlichkeit mit der Entstehung der Scheidewände bei Zelltheilungen und beschloss ich daher diesem Gegenstand nochmals die grösste Aufmerksamkeit zu widmen.

Auch Schmitz beschäftigte sich bereits mit dieser Frage in seinem Aufsatze über Bildung und Wachsthum der pflanzlichen Zellmembran¹⁾). Er schliesst sich meinen älteren Schilderungen an, möchte aber aus Rücksicht auf andre Formen der Membranbildung annehmen, dass nicht die Mikrosomen allein, vielmehr die Plasmascheibe die sie trägt, unter Aufnahme der Substanz dieser Mikrosomen sich direct in die neue Zellwand verwandelt²⁾.

Bevor ich auf diesen Punkt zu sprechen komme, muss noch ein anderer erörtert werden.

Auf Grund älterer Beobachtungen hatte ich annehmen zu müssen geglaubt, dass die Elemente der Zellplatte der Stärke oder Cellulose nahe verwandt wären und sich in manchen Fällen mit Jod blau färben liessen³⁾.

Diese meine Angaben haben sich bei erneuter Prüfung als unrichtig herausgestellt.

Mit Zuhilfenahme geeigneter Tinctionen und bei entsprechender Auswahl der Objecte, war festzustellen: dass die Körnchen der Zellplatte auf Eiweiss reagiren.

Diese Körnchen stimmen also mit den Elementen überein, die wir am Wachsthume der Membranen und Stärkekörner betheiligt fanden.

Ueber das Auftreten dieser Elemente in den Verbindungs-fäden habe ich eingehende Untersuchungen angestellt, um weitere Vergleichungspunkte mit anderen Vorgängen der Membranbildung zu gewinnen. Da zeigte es sich denn zunächst,

¹⁾ Stzbr. der niederrh. Gesell. für Natur- und Heilkunde in Bonn,
6. Dec. 1880.

²⁾ Sep.-Abdr. p. 3.

³⁾ Zellbildung und Zelltheilung, dritte Auflage p. 342.

dass die Mikrosomen, welche die Zellplatte bilden sollen, nicht von den Seiten her den Verbindungsäden zugeführt werden, vielmehr innerhalb dieser selbst ihren Weg finden. Bei hinreichend starker Vergrösserung erscheinen die Verbindungsäden nicht homogen sondern fein punktiert, sie führen ihrer ganzen Länge nach Mikrosomen. Einzelne der letzteren werden nun in aequatoriale Lage innerhalb der Fäden gebracht und treten durch ihr Zusammenwirken dann deutlich in die Erscheinung. Zunächst ist die aequatoriale Anschwellung jedes Verbindungsäden, dem eingeschlossenen Zellplattenelemente entsprechend, nur sehr gering. Sie wird durch Ansammlung weiterer Mikrosomen stärker. Diese verschmelzen mit einander, so dass je ein grösseres Element in jedem Faden liegt. So tritt die Zellplatte immer deutlicher in die Erscheinung und markirt sich als aequatoriale entsprechend stärker werdende Anschwellung der Verbindungsäden. Unsere Figuren 59 bis 70, Taf. IV, sollen dieses Verhalten illustrieren. — Ich möchte daran erinnern, dass auch bei der „freien Zellbildung“ im protoplasmatischen Wandbeleg der Embryosäcke der Phanerogamen, wir solche Verbindungsäden auftreten und die Zellplatten innerhalb dieser entsprechend sich bilden sahen. Ich bin geneigt anzunehmen, dass in keinem Falle eine seitliche Zuführung der Mikrosomen zwischen den Verbindungsäden; wo solche zur Zellplattengbildung dienen, vorkommt; die Angabe von Treub¹⁾, dass dieses bei Orchideen eintreffe, wird andere Deutung erfahren müssen.

Bei Spirogyra und Cladophora, wo die Scheidewand ohne Vermittlung der Verbindungsäden angelegt wird, ist die Sache zunächst anders. Hier wandern Mikrosomen, durch feine Plasmaströme geführt, nach den Orten der Scheidewandbildung und vertheilen sich in dem hier entstandenen Plasmaringe. Dieser Ring ist zunächst noch nicht mit einer Zellplatte zu vergleichen, vielmehr werden erst innerhalb desselben, am fortwachsenden Rande der Scheidewand, Mikrosomenreihen, die unmittelbar zur Verwendung kommen sollen, immobilisirt. Innerhalb dieser fixen Lage entsprechen sie erst den in bestimmter Stellung innerhalb der Verbindungsäden festgehaltenen Elementen einer Zellplatte. Wie nahe dieser Vorgang an die Bildung gewöhnt

¹⁾ Quelques recherches sur le rôle du noyau dans la division des cellules végétales 1878. Natuurk. Verh. der koninkl. Akad. Deel XIX, p. 18.

licher Verdickungsleisten der Zellwand anschliesst, wurde schon früher hervorgehoben.

Meinen früheren Angaben nach verschmelzen die Elemente der Zellplatte seitlich mit einander um die Scheidewand zu bilden. Diese Schilderung entspricht durchaus dem Sachverhalt und ich finde auch jetzt, dass die in den Verbindungsfäden liegenden Elemente seitlich von einander getrennt sind, eine quere Plasmatische Scheibe, welche sie verbände, zunächst also fehlt. Die in den Verbindungsäden liegenden Elemente sind aber vom Protoplasma dieser Fäden umgeben und dieses ist es, das zunächst seitlich verschmilzt, um eine zusammenhängende Plasmawand zu bilden, in der sich die Mikrosomen noch einzeln markiren. Eine solche Scheidewand gleicht nun durchaus der von jungen Pollenzellen abgehobenen, Mikrosomen führenden, etwa bei Cucurbita von uns beschriebenen Hautschicht, oder auch der vom umgebenden Protoplasma abgelösten, das Perinium bildenden Hautschicht bei Marsilia oder Equisetum. Es sind das eben identische Bildungen, die mit allmäligem Schwund der Mikrosomen zur Cellulose-Membran führen. Wie wir gesehen haben, kommen bei Wandverdickung solche ablösbarer mit Mikrosomen beladene Hautschichten nur vor, wenn die neue Haut nicht an die alte adhären soll; sonst ist der Vorgang der Verdickung zwar identisch, die mikrosomenbeladene Hautschicht haftet aber fest den älteren Wandschichten an, sobald ihre Umbildung in Cellulose begonnen hat.

Die Beobachtungen über Scheidewandbildung zeigen aber, sobald die Natur der Zellplattenelemente als Mikrosomen erkannt ist, auf das Bestimmteste die Bildung der Cellulose durch direkte Spaltung des Protoplasma. So stützt die Scheidewandbildung auch wieder die für Wandverdickung und Stärkebildung gewonnenen Resultate.

Wie uns namentlich bei der freien Zellbildung im Endosperm der Phanerogamen früher auffallen musste, unterscheiden sich die gebildeten Scheidewände von Species zu Species nicht unwesentlich in ihrer Quellbarkeit und sonstigen Reactionen. Ähnliche Unterschiede sind auch im Verhalten der Wandverdickungen oft gegeben, wie uns dies besonders bei Anlage und Verdickung des Exinums an Pollenkörnern und Sporen auffallen musste. Die gebildeten Hämpe können hier von Anfang an verschieden reagieren. Am auffallendsten

war wohl der Unterschied, so wir uns denselben vergegenwärtigen wollen, zwischen den inneren und den äusseren Theilen des Periniums, somit zwischen der Prismenschicht und der ihr aufliegenden, farblosen, quellbaren Hülle an den Makrosporen von Marsilia. — Hieraus geht hervor, dass die Spaltungsproducte des Protoplasma bei Bildung der Membranen nicht völlig identisch zu sein brauchen. Wie wir denn als extremen Fall schliesslich auch fanden, dass zwischen den Mikrosporen von Salvinia das Protoplasma direct zu einer blasigen Masse erhärten kann, welche die Eiweissreaction behält.

Ueber die Vorgänge der Kerntheilung habe ich seit der Veröffentlichung der dritten Auflage meines Zellenbuches weitere Beobachtungen angestellt, die demnächst in einem besonderen Aufsatze Besprechung finden sollen.

Das Flächenwachsthum der Zellhäute und die Faltenbildung.

Für die Intussusceptions-Theorie spricht am meisten das Flächenwachsthum der Membranen und die an Membranen beobachteten Faltenbildungen. Nach den beim Dickenwachsthum gewonnenen Resultaten hatten wir mit ganz neuer Fragestellung an die Prüfung dieser Vorgänge heranzutreten. Der Umstand, dass bei Dickenwachsthum Apposition neuer Lamellen vorliegt und vor Allem, dass bei Dickenwachsthum das mikrosomenhaltige Protoplasma sich direct in die Cellulose-Lamellen verwandelt, musste es a priori schon unwahrscheinlich erscheinen lassen, dass bei Flächenwachsthum die Cellulose in Form eines löslichen Kohlehydrates in die Membran eindringen und dort in festen Cellulose-Micellen erst auskrystallisieren sollte.

Der einzige, der es bis jetzt versucht hat, das Flächenwachsthum der Membranen anders als durch Intussusception zu erklären, ist Schmitz¹⁾. Er sucht dasselbe auf Dehnung zurück-

¹⁾ Stzbr. der niederrh. Gesell. für Natur- und Heilkunde in Bonn,
6. Dec. 1880.

zuführen. Die sämmtlichen Membranen der Mutterzellen werden, schreibt er¹⁾), durch das Wachsthum der Tochterzellen gedehnt und zusammengepresst. Die älteren Membranlamellen nehmen nur durch passive Dehnung an Flächenausdehnung zu. Auch wo an einer andauernd wachsenden, dünnen Zellwand eine Schichtenbildung sich nicht nachweisen lässt, ist dieselbe nicht mit genügender Sicherheit ausgeschlossen²⁾). Bei *Gloeocapsa* und verwandten Algen werden die äusseren Schalen der Membran langsam ausgedehnt bis zu einem gewissen Maximum und hierauf bei fort dauernder Vergrösserung der eingeschlossenen Zelle, die sich inzwischen durch Theilung vermehrt hat, in verschiedener Weise zersprengt und abgeworfen. Bei *Cladophora* und vielen anderen Fadenalgen, bei welchen Quertheilung der Zellen neben dem Längenwachsthum einhergeht, werden die älteren Membranlamellen durch die Ausdehnung der eingeschlossenen Zellen oder Zellpaare immer stärker passiv gedehnt. Bei fort dauernder Dehnung kleben sie dann immer fester zusammen und verschmelzen schliesslich untrennbar zu einer dichten äusseren Membranschicht, welche den ganzen Zellfaden als dessen Aussen schicht umhüllt. Diese Schicht wird durch das fort dauernde Längenwachsthum des Zellfadens fort dauernd gedehnt, aber gleichzeitig durch neu hinzutretende Lamellen fort und fort wieder verstärkt. Ihre äusserste Lage ist vielfach als Cuticula oder als Schleimhülle besonders ausgebildet. — Bei *Mikrospora* und einigen anderen Fällen erscheint diese Aussen schicht nicht überall gleichmässig entwickelt, sondern wird in regelmässiger Wiederholung an einzelnen Stellen durch Dehnung besonders stark verdünnt oder in ihren Aussenlagen durchrissen³⁾). — Bei Zellen, welche in grösserer Anzahl zu Gewebekörpern mit einander verbunden sind, verschmelzen öfters solche ältere Membranlamellen der einzelnen Zellen mitsammt den Membran lamellen der Mutterzellen zu einer Art von Intercellularsubstanz, die z. B. bei Algen vielfach gallertartig aufgequollen erscheint. Diesen Fällen mit ziemlich gleichmässigem Flächenwachsthum der Zellmembran stellt Schmitz solche mit Spitzenwachsthum gegenüber. An den fortwachsenden Endzellen von *Bornetia*

¹⁾ Sep. Abdr. p. 4.

²⁾ l. c. p. 7.

³⁾ l. c. p. 8.

secundiflora werden wiederholt neue kappenförmige Membranlamellen ausgebildet. Diese setzen mit ihrem unteren verdünnten Ende an die jeweilig nächst ältere Lamelle an und verschmelzen hier fest mit derselben. An ihrem oberen Ende aber nimmt die jeweilig jüngste kappenförmige Lamelle eine Zeitlang an Flächenausdehnung zu, bis abermals eine neue, innerste Lamelle, die etwas weiter abwärts reicht, gebildet wird. Dann folgt die erstere nur noch passiv der Dehnung des fortwachsenden Zellendes und wird schliesslich in Folge dieser passiven Dehnung oberhalb der Schichtwölbung mit dem Complex der älteren kappenförmigen Lamellen zu einer zusammenhängenden Schicht fest zusammengepresst. Diese letztere aber behält trotz des fortduernden Hinzutretens neuer Membranlamellen doch stets nur eine ziemlich geringe Dicke, weil sie gleichzeitig durch das andauernde Spitzenwachsthum der Zelle fortgesetzt gedehnt und zu geringerer Dicke ausgezogen (in ihren äusseren Lagen wohl auch durchrisen) wird. Die äusserste Schicht der ganzen Zellwand aber erscheint zu einer zusammenhängenden dünnen Cuticula ausgebildet¹).

Ich habe die betreffenden Angaben von Schmitz hier ausführlich wiederholt, weil ich mich auf dieselben im Folgenden zu stützen gedenke. Ich nehme mit Schmitz nämlich an, dass das Flächenwachsthum der Membran durch Dehnung vor sich geht und werde diese Ansicht auch meinerseits zu begründen suchen.

Schmitz lässt es unentschieden, ob nicht doch in einigen Fällen das Dicken- und Flächenwachsthum durch Intussusception erfolge²). Doch hebt er stets hervor, dass ihm dies unwahr-

¹) I. c. p. 8.

²) I. c. p. 5. „Wenn nun somit in den genannten Fällen die Verdickung der Zellmembran im wesentlichen bewirkt wird durch fortgesetzte Apposition neuer Membranlamellen, so soll damit doch ein Dickenwachsthum der Membran vermittelst Intussusception keineswegs ganz in Abrede gestellt werden. Es würde sich ja auch mit der Auffassung der Membranlamellen als metamorphosirter Protoplasmaschichten die Annahme, dass dieselben in gleicher Weise, wie das Protoplasma selbst aktiv in die Dicke wachsen, vortrefflich vereinigen lassen. Allein in den bisher genauer beobachteten Fällen konnte ich einen zwingenden Grund zur Annahme eines solchen activen Wachsthums der Membranlamellen noch nicht auffinden“; und I. c. p. 7, „Wie weit nun diese erste Flächenausdehnung der innersten Membranlamelle auf aktivem

scheinlich erscheine. Bei Betrachtung des Dickenwachstums habe ich mich bereits für die Alleingiltigkeit der Apposition ausgesprochen und möchte diesen Standpunkt auch beim Flächenwachstum festhalten. In der That könnte ich mir letzteres, von der Thatsache ausgehend, dass die Cellulose als feste organisierte Substanz unmittelbar durch Spaltung aus dem Protoplasma hervorgeht, nicht anders als etwa durch das Vordringen von Protoplasma bis an die Orte des Verbrauchs erklären. Dieses Vordringen ist möglich, aber nicht wahrscheinlich, da keine Beobachtungen für dasselbe sprechen.

Um die Dehnung, welche die Cellulosehäute während des Flächenwachstums erfahren, anschaulich zu machen, soll zunächst ein Vergleich herangezogen werden, zu dem ich ein Beispiel unter vielen wähle.

In der Rinde der Kiefer, die somit angeführt sei, werden die alten Siebröhren tangential gedeckt und radial zusammengedrückt. Die tangentiale Dehnung ist durch die Thätigkeit des Cambiums bedingt, welche den Stammesumfang auf der inneren Seite des Bastes vergrössert, der radiale Druck durch die äussere Korklage und die bedeutend an Grösse zunehmenden, stärkeführenden Parenchymzellen des Bastes. Zwischen diesen Parenchymzellen bilden die alten Siebröhren schliesslich nur noch schmale Bänder. Der Querschnitt lehrt, dass das Lumen der Siebröhren völlig oblitteriren kann und dass die aufeinanderfolgenden Lagen der Siebröhren so gedeckt und gegen einander gepresst werden können, dass sie stellenweise nur eine einfache, mehr oder weniger deutlich geschichtete Zellmembran zu bilden scheinen. So zusammengedrückte Siebröhren werden als Hornbast beschrieben.

Es können somit, wie wir sehen, selbst ganze Gewebe-

Wachsthum beruht oder ebenfalls nur auf passive Dehnung zurückzuführen ist, das mag vorläufig dahingestellt bleiben. In anderen Fällen länger andauernden Wachstums der einzelnen Zelle war allerdings an der dünnen Zellwand eine Schichtenbildung bisher nicht nachgewiesen. Solche Fälle sprechen dann sehr für ein Flächenwachstum mittelst Intussusception. Allein die Annahme, dass hier die Schichtenbildung gleichwohl vorhanden, und nur schwierig nachzuweisen sei, ist nicht mit genügender Sicherheit ausgeschlossen, sodass ich auch solche Fälle lieber vorläufig noch unentschieden lassen möchte".

komplexe durch Zug und Druck in scheinbar einheitliche Membranen verwandelt werden.

Ein anderes Beispiel für Dehnung, das bereits direct in unsere Aufgabe fällt, bieten uns die stark verdickten, radialen Cambiumwände der Kiefer. Es ist in ihnen, wie schon Russow bemerkt¹⁾, das Material zur Bildung der breiten radialen Wände der Jungholzzellen niedergelegt. Diese Wände werden in dem Maasse dünner als sie an Breite zunehmen. Es unterliegt für mich keinem Zweifel, dass diese dicken Cambialwände aus sehr zahlreichen Lamellen bestehen und doch treten sie uns in den „Mittellamellen“ als chemisch und optisch einheitlich wirkende, nicht weiter zerlegbare Hämpe entgegen.

Bei dem Dünnerwerden der radialen Cambialwände der Kiefer während der Streckung wirkt aber vielleicht auch Wasser-verlust mit, während man andererseits annehmen könnte, dass diese Wände gleichzeitig durch Intussusception wachsen. Ein Beispiel, wo beides ausgeschlossen ist, bieten uns, während der Zelltheilung, die Oedogonien. Der dicke Zellstoffring²⁾ wird hier in kürzester Zeit unter den Augen des Beobachters zu einer gleichmässig dünnen Wand gedehnt.

Bei Oedogonien wird die Substanz des Ringes stets als besonders weich angegeben; hingegen ist kein Grund zu der Annahme vorhanden, die radialen Cambialwände von Pinus seien weicher als die Membranen anderer in Grössenzunahme begriffener Zellen.

Wenn hingegen eine alte Wand von Neuem in Flächen-wachsthum eintreten soll, da mag in der That das angrenzende Protoplasma erst eine Action auf dieselbe ausüben, durch welche ihre Dehnbarkeit erhöht wird. Dass eine solche Action möglich ist, zeigen unzählige Beispiele. An Sporangien, wie Geschlechts-organen werden die Stellen der Wand, welche den Producten Durchgang gestatten sollen, verändert und schliesslich gelöst. An den Sporangien und Gametangien der Cladophora³⁾ werden beispielsweise die Austrittsstellen in Gestalt biconvexer nach aussen und innen vorspringender Linsen sichtbar. Sie treten

¹⁾ Neue Dörp. Zeitung, 1881, Sep.-Abdr. p. 36.

²⁾ Vergl. die Litteratur in Zellb. u. Zellth., III. Aufl., p. 188.

³⁾ Zellb. u. Zellth., III, Aufl., p. 78.

zu der Zeit beginnender Sonderung des Zellinhalts auf und repräsentiren unter dem Einfluss des Zellinhalts gequollene Stellen der Zellwand. Noch auffallender wird die Veränderung, welche die innersten Lamellen vieler Sporangien vor Entleerung der Schwärmer zweifellos unter dem Einfluss des sich verändernden Zellinhalts erfahren. Als Beispiel sei hier *Ulothrix* angeführt, wo die quellende innerste Membranschicht als Umhüllungsblase mit den Schwärmsporen entleert wird, um sich alsbald in dem umgebenden Wasser zu lösen¹⁾. Dieser Einfluss kann auch von dem protoplasmatischen Leibe des einen Organismus auf die Membran des anderen ausgeübt werden, wie die Durchbohrung der Zellwände der Nährpflanzen durch Parasiten lehrt. Ja die Wirkung erfolgt hier in den meisten Fällen durch die Membran der Parasiten hindurch, ähnlich gewissermaassen der Wirkung, die in gegebenem Falle der Zellinhalt auf die äusseren Schichten seiner eigenen Zellhaut durch Vermittlung der inneren Schichten ausübt. Sehr instructiv ist der Fall von *Urocystis occulta*²⁾, dessen Mycelschlüche beim Eindringen in die Zellen der Nährpflanze die inneren Lamellen der Zellwände nicht durchbohren, sondern einstülpen. Augenscheinlich quellen die inneren Lamellen an den betreffenden Stellen der Zellwand unter dem Einflusse des Parasiten auf und werden von der fortwachsenden Spitze desselben gedehnt. Diese Spitze steckt somit in einer Scheide, welche erst durchbrochen wird, wenn die nächste Zellwand erreicht ist. Innerhalb der Intercellularräume sind die Spitzen ohne Scheide.

Ich habe allen Grund anzunehmen, dass, wenn bei *Cladophora* ein neuer Zweig aus einer älteren Zelle hervortreten soll, die betreffende Stelle der Zellwand erst in einen Zustand grösserer Quellbarkeit versetzt wird. Ihre Dehnbarkeit nimmt zu, während der Elasticitätsmodulus, sowie Druck- und Zugfestigkeit geringer werden. Die in der Zelle herrschende hydrostatische Druckkraft wölbt dann die betreffende Stelle nach aussen. Bestimmt und geregelt bleibt der Vorgang durch das anliegende Protoplasma. Dieses war es, das vor Allem an der betreffenden Stelle seine Natur veränderte und zum Scheitelplasma wurde, mit dessen Eigenschaften jedenfalls auch der

¹⁾ Ebend. p. 77.

²⁾ Vergl. R. Wolff, Bot. Zeitung, 1873, Sp. 673.

bestimmte Einfluss auf die angrenzende Zellwand verbunden ist. Es kommt nicht selten vor, dass aus relativ sehr alten Zellen, die bei Behandlung mit quellenden Mitteln sehr zahlreiche Schichten in der Wand erkennen lassen, Zweige hervortreten. Solche Fälle sind sehr instructiv, denn sie zeigen, dass die Dicke der vorgewölbten Wand abnimmt, dass dieselbe somit gedehnt wird. Durch Druck und Dehnung wird auch eine Verschmelzung der Schichten derart hervorgebracht, dass eine Unterscheidung derselben am Scheitel des Zweiges unmöglich wird. Unsere Fig. 54, Taf. IV, welche diese Verhältnisse illustriren soll, ist nach einem mit Schwefelsäure behandelten Präparate entworfen.

Vorsprünge, wie wir sie an den Haaren von *Marsilia Ernesti* und den gezähnten Angelborsten von *Cynoglossum officinale* beschrieben haben und die einem gesteigerten Flächenwachsthum bestimmter Stellen der Zellwand ihre Entstehung verdanken müssen, dürften auch auf veränderte Dehnbarkeit der betreffenden Stellen der Zellwand und Formung derselben, unter dem Einfluss des angrenzenden Protoplasma zurückzuführen sein.

In einzelligen Pflanzen oder Pflanzentheilen kann natürlich hydrostatischer Druck allein eine Krümmung nicht veranlassen, findet eine solche unter dem Einfluss des Lichtes oder der Schwerkraft statt, so ist anzunehmen, dass die Dehnbarkeit der Membran auf der einen Seite vergrössert worden ist¹⁾. Hält man an der Thatsache fest, dass das Protoplasma selbst eng umschriebene Stellen der Zellwand in ihrer Dehnbarkeit beeinflussen kann, so hat die Vorstellung einer ähnlichen Beeinflussung bei Krümmungserscheinungen nichts auffallendes mehr. In Gewebecomplexen würde eine Aenderung der elastischen Beschaffenheit der Membranen, selbst bei constantem Turgor, zu Krümmungen führen. Nachweislich liegen hier freilich Aenderungen des Turgors in vielen Fällen vor, doch zeigte Wiesner, dass bei positivem Heliotropismus in der That die Elasticität der an der Lichtseite befindlichen Wandungen etwas gesteigert wird, so dass die Dehnbarkeit an der Schattenseite relativ grösser ist²⁾.

¹⁾ Vergl. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Bd. II, p. 322.

²⁾ Vergl. Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen, 1880, Bd. II, p. 20, und Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Bd. II, p. 322.

Wir wollen der Reihe nach noch einige besonders schwierige Fälle prüfen und sehen, in wie weit sich dieselben mit unserer Auffassung des Längenwachsthums vereinigen lassen.

Für *Ulothrix zonata* muss ich im Wesentlichen an meinen früheren Angaben festhalten¹⁾, insofern ich auch jetzt nur drei Schichten an der Zellwand unterscheiden kann, nichts desto weniger glaube ich, dass sich diese Thatsache dem Längenwachsthum durch Dehnung wird unterordnen lassen. Das Verhältniss der drei Schichten in einem concreten Falle, wo der Zellfaden 0,038 mm dick war, zeigte sich mit 0,0009 mm für die äussere, mit ca. 0,002 mm für die mittlere und mit ca. 0,0012 mm für die innere Schicht. Die äussere Schicht ist weiss, glänzend, stark lichtbrechend; ebenso die innere; die mittlere weniger lichtbrechend, durchsichtiger. Die Querwände setzen an die innerste Schicht an; die jüngsten kaum am Rande verdickt, die älteren hier dicker werdend. In dem verdickten Rande beginnt sich der Inhalt, im optischen Durchschnitt punktförmig, allmälig an Grösse zunehmend, dann dreieckig, durch sein optisches Verhalten auszuzeichnen. Das Dreieck liegt zunächst noch in der Innenschicht; diese wird allmälig an seiner nach aussen gekehrten Grundfläche dünner und schwindet, so dass das Dreieck nunmehr in die Mittelschicht taucht. Ueber einer älteren Querwand hat sich die Aussenschicht etwas vorgewölbt. Das Alles zeigt die Figur 50, Taf. II, die ich hier reproducire. Ich muss hinzufügen, dass es mir jetzt mit Hülfe von Quellungsmitteln gelang, eine lamellöse Structur der Mittelschicht nachzuweisen und mich auch von der Schichtung älterer Querwände zu überzeugen. Besonders instructiv waren Picrinpräparate, die ich in destillirtem Wasser hielt. Wurden diese mit Methylgrün behandelt, so färbten sich vornehmlich die Mittellamellen der Querwände, sammt ihrem erweiterten Rande. Dieser Rand entspricht dem vorhin angeführten Dreiecke, präsentirt sich aber nach der Färbung, im optischen Durchschnitt, eher knopfförmig. Je nach dem Alter der Querwand sieht man die Knöpfe weniger tief oder tiefer in die Seitenwand hineinragen. An den im Wasser liegenden Picrinsäure-Präparaten zeigt sich zunächst die äussere Schicht der Seitenwände, dann die Mittellamellen der Querwände und die mittlere Schicht der Seiten-

¹⁾ Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., 1876, p. 66.

wände angegriffen. Die innere Schicht der Seitenwände, die wir als Grenzhäutchen bezeichnen möchten, widersteht am längsten und werden daher, nach Auflösung der anderen Schichten der Wand, die Zellcomplexe von einander getrennt und bestehen jeder aus so vielen Zellen, als ein fortlaufendes Grenzhäutchen deren umfasst. Aus dem in Fig. 50 abgebildeten Fadenstücke würden beispielsweise alle vier inneren Zellen im Zusammenhang geblieben sein, denn auch der Rand der mittleren Scheidewand hat noch nicht das Grenzhäutchen durchbrochen. Nach längerem Liegen in Wasser würde der betreffende Complex dann noch in zwei zweizellige zerfallen. Kurzum, man bekommt in der That durch dieses Macerationsverfahren Generationscyclen, wie sie Dippel mit der Nadel isolirt haben will¹⁾. Ueber *Ulothrix zonata* schrieb Schacht schon 1852²⁾: Die Fäden bestehen aus einer einzigen Zellenreihe, die Zellen vermehren sich durch fortgesetzte Theilung des Primordial-schlauchs der Mutterzelle in zwei gleiche Hälften, die Membran der Mutterzelle wird nicht resorbirt, wohl aber durch die Verlängerung des Fadens ausgedehnt, die Zellen sind auf diese Weise förmlich in einander geschachtelt. Mich störte bei der Deutung früher die Beständigkeit der drei Schichten und das Grenzhäutchen, das sich scheinbar bleibend als Innenschicht erhält. Nunmehr schliesse ich aus dem Beobachteten folgendes: Die Scheidewand wird als einheitliches, dünnes Häutchen bei der Zelltheilung angelegt; hierauf wachsen die beiden Schwesterzellen, ihre Seitenwände erfahren eine entsprechende Dehnung; gleichzeitig wird die ganze Wandung der Zellen durch Apposition dünner Lamellen verstärkt. Die Bildung dieser Lamellen erfolgt nach Bedürfniss, um die Dicke der Wand constant zu erhalten. Es mögen zwischen je zwei Theilungsschritten eine oder mehrere Lamellen gebildet werden. Diese Lamellen verstärken das Grenzhäutchen, das seinerseits Lamellen an die mittlere Schicht abgibt³⁾; letztere ist lichtschwächer, ganz wie wir an andern Orten das Lichtbrechungsvermögen der Lamellen sinken sahen, wenn sie sich vom Zellinhalt entfernten

¹⁾ Zelltheilung der *Ulothrix zonata*, Abhandl. der naturf. Gesell. zu Halle, Bd. X, 1867, Sep.-Abdr. p. 8.

²⁾ Pflanzenzelle, p. 121.

³⁾ Wie schon erwähnt, konnte ich mich von der Existenz zahlreicher Lamellen innerhalb dieser Schicht überzeugen.

Entsprechend giebt auch die mittlere Schicht Lamellen an die äussere ab, deren Dicke durch den Einfluss der Umgebung bestimmt wird. Hat die Querwand eine gewisse Dicke erreicht, so cuticularisiren die mittleren Lamellen derselben. Dieser Process setzt sich am Rande der Querwand in die Seitenwand fort. Der die Querwand umgebende Streifen der Seitenwand wird nicht mit gedehnt. Es folgt dies einertheils aus dem Umstände, dass er nicht dünner wird, anderentheils aus der Verdickung, welche die Querwand an ihrem Rande erfährt. Aus dieser Verdickung ist weiter zu schliessen, dass die Verdickung der Seitenwand stärker ist, als diejenige der Querwand und dass die Lamellen sich verdünnen oder ganz auskeilen bei ihrem Uebergang von der ersten auf die letztere. Weil nun der Streifen um die Querwand nicht gedehnt wird, so müssen selbst die sich auskeilenden Lamellen hier eine wachsende Verdickung veranlassen. Die Cuticularisirung ist aber, wie ich an andern Orten noch zeigen werde, mit Volumenzunahme verbunden, daher sich die Seitenwand über dem cuticularisierten Streifen etwas nach aussen wölbt.

Wie ich glaube, trägt die hier gegebene Deutung des Baues von *Ulothrix* allen Thatsachen Rechnung und dürfte somit auf Richtigkeit Anspruch machen; ich lege Gewicht darauf, dies zu constatiren, weil ich die hier gewonnenen Gesichtspunkte verwerthen will, um auch den Bau von *Spirogyra* zu erklären.

An der Seitenwand von *Spirogyra* lässt sich nur, wie bereits in diesem Buche geschildert wurde, eine innere und äussere Schicht unterscheiden. Die äussere Schicht, meist sehr dünn, ist bei *Spirogyra orthospira* (*setiformis* kz.) zu der bekannten dicken Schleimschicht entwickelt. Die Innenschicht ist ihrer ganzen Dicke nach stark lichtbrechend, von der Natur eines Grenzhäutchens. Die Grenze zwischen Innen- und Aussenschicht markirt sich als dunkle Linie; ist die Innenschicht künstlich zur starken Quellung gebracht worden, so setzt sich wohl ihre Innenfläche noch als Grenzhäutchen ab. Die Uebereinstimmung zwischen *Ulothrix* und *Spirogyra* ergiebt sich am besten aus dem Bau der Querwände. Es tritt uns hier dieselbe Anlage, dieselbe Verdickung an den Rändern, dieselbe Entwicklung der Mittellamellen, dieselbe Erweiterung des cuticularisierten Saumes innerhalb der Seitenwände entgegen. Daher muss ich annehmen, dass auch die Seitenwände

von Spirogyra durch Dehnung und Apposition immer neuer Lamellen an die Aussenschicht abgeben müssen. Dass beide trotzdem sehr scharf gegen einander abgesetzt sind und ein bestimmtes Dickenverhältniss einhalten, ist in der That auffällig; auffällig besonders bei Spirogyra orthospira. Zu erklären ist dieses Verhalten nicht anders, als durch die Annahme einer Beeinflussung der Wand durch den Zellinhalt und das umgebende Medium. Dieser Einfluss macht sich beiderseits bis zu einer bestimmten Tiefe geltend. Dieser Einfluss ist es, der auch das Verhältniss der Schichten und deren scharfe Abgrenzung in den Seitenwänden von Ulothrix bestimmt, er ist es, der die Cuticularisirung der Mittellamellen erst bei bestimmter Dicke der Querwand zulässt. So hebt auch de Bary hervor¹⁾, dass in den Blättern von Agave americana, Aloe-Arten, Acer striatum die wachsenden cutinhaltigen Lagen immer scharf gegen die mitwachsende Cellulosehaut abgegrenzt sind. Dass die cutinhaltigen Lagen durch successive, nach Innen fortschreitende Cutisirung diesen Zuwachs erhalten, hält de Bary bereits für denkbar, wir jetzt für sicher, da wir wissen, dass das Dickenwachsthum der Haut durch Apposition vor sich geht.

Bekanntlich trennen sich die Zellen der Spirogyren leicht von einander²⁾, hierbei wird der cuticularisirte Theil der Querwand sammt seinem erweiterten Rande und dem über ihm befindlichen Streifen der Aussenschicht abgeworfen. Bei Spirogyra orthospira, die zur näheren Untersuchung vorlag, dehnt sich der cuticularisirte Rand bei der Befreiung in tangentialer Richtung aus, noch stärker die Schleimschicht, was eine starke Krümmung des reifenförmig erweiterten Randes nach Innen veranlasst³⁾. Die Trennung der Zellen erfolgt mit einem Ruck und zwar mit solcher Vehemenz, dass die Zellen auf eine messbare Strecke auseinandergetrieben werden. Die Endfläche der einen Zelle ist sofort frei, die der anderen bleibt zunächst von der Aussenseite bedeckt. Beide Zellen haben ihre Endflächen gegen einander vorgewölbt. Als bald wird die Querscheibe auch von der anderen Zelle abgeworfen.

¹⁾ Vergl. Anatomie, p. 86.

²⁾ Zellbildung u. Zelltheilung, II. Aufl., p. 57.

³⁾ Ebendas. Taf. IV, Fig. 36.



Die befreiten neuen Endflächen der Zellen sind bei Spirogyra orthospira sehr instructiv, denn sie zeigen sofort nach Contact mit dem umgebenden Wasser die Abgrenzung einer äusseren Schicht. Diese Abgrenzung kann nur dem Einflusse des Wassers zugeschrieben werden und spricht somit dafür, dass auch die Seitenwände ähnlich beeinflusst werden. Die neu abgegrenzte Aussenschicht fängt auch sofort zu quellen an und wird in die Schleimschicht bestimmter Dicke verwandelt.

Gleich nach Trennung der Zellen sieht man ein starkes Längenwachsthum sich in dem befreiten Ende einstellen. Dieses ist mit gleichzeitiger Ernährung der Zellwand verbunden.

An solchen Endflächen, die bereits ihre erste Streckung vollzogen haben, sind die Wachsthumsvorgänge besonders gut zu studiren. Nichts stört hier die Beobachtung, weil auch die Chlorophyllbänder in ihrem Wachsthum hinter demjenigen der Zellwand zurückgeblieben sind, die wachsende Endfläche somit chlorophyllos ist. Hier ist nun ein ganz ähnliches Schauspiel zu beobachten, wie in sich theilenden Spirogyrazellen bei Anlage der Querwand¹⁾. Von allen Seiten sieht man mit Körnchen beladene Protoplasmaströme der wachsenden Endfläche zueilen. Sie bewegen sich an den Rändern der Chlorophyllbänder, zwischen und über denselben. An der Endfläche der Zelle hat sich schliesslich so viel feinkörniges Protoplasma angehämmelt, dass es nicht mehr einzelne Ströme, sondern eine zusammenhängende Schicht darstellt. An einzelnen Stellen springen Protoplasmaballen in das Lumen der Zelle vor, verändern unaufhörlich ihre Lage und ihre Gestalt und werden schliesslich eingezogen. Stellt man auch die Oberfläche dieser Plasmaschicht ein, so erscheint sie feinpunktiert von den zahlreichen Körnern. Diese Körner werden bis in die äusserste Lage des Protoplasma, in die Hautschicht geführt und hier so dicht und regelmässig an einander gereiht, dass sie sich als besondere Schicht markiren. Diese Schicht war mir schon vor Jahren aufgefallen²⁾ und habe ich sie als besondere Structur der Hautschicht beschrieben. Ich gab damals an, die Hautschicht an der so wachsenden Endfläche sei aus stäbchenförmigen Elementen aufgebaut, die dicht an einander gedrängt und senk-

¹⁾ Zellbildung u. Zelltheilung, III. Aufl., p. 180.

²⁾ Zellbildung u. Zelltheilung, I. Aufl., 1875. p. 61.

recht gegen die Wand der Zelle gerichtet sind. Während der übrige Theil des körnigen Plasma sich in Bewegung befand, sah ich die Elemente dieser Schicht ruhen. Durch diese Stabilität setzt sie sich eben gegen das nächst innere Plasma ab. Damals konnte ich noch nicht die richtige Deutung dieser Schicht geben, jetzt kann es keinem Zweifel unterliegen, dass es eine mit Mikrosomen beladene Plasmaschicht ist, die zu einer neuen Lamelle der Zellwand werden soll. Wie an anderen Orten, ist auch hier nur eine Schicht regelmässiger Mikrosomen gegeben, was meine Angabe über die stäbchenförmige Differenzirung der Hautschicht veranlasste. Diese Mikrosomen färben sich mit Jod gelblich¹⁾, dunkelviolett mit Hämatoxylin. Lässt man Zuckerlösung auf Zellen einwirken, deren Hautschicht solche Differenzirung zeigt, so sieht man, dass während des Rücktritts des Plasma von der Zellwand diese Structur zerstört wird und zwar schon mit dem ersten Beginn der Einwirkung. Schon 1875 fiel es mir auf, dass in vielen Fällen bei Rücktritt des plasmatischen Inhalts von der Zellwandung diese nicht eine glatte, vielmehr eine mit kleinen Vorsprüngen versehene Innenfläche darbietet. Ich wusste mir diese Erscheinung damals nicht zu erklären und schrieb sie unbefangen nieder²⁾, da ich ja bemüht war für die Intussusceptionslehre einzutreten; jetzt weiss ich, dass diese inneren Vorsprünge der Zellwand von einer mit der Zellwand bereits verschmolzenen, doch noch nicht völlig metamorphosirten Plasmaschicht herrühren, und dass es dieselbe Erscheinung ist, die wir auch an anderen Orten, beispielsweise so leicht in der sich verdickenden Endospermzelle von *Ornithogalum*, constatiren konnten. *Spirogyra* ist uns nach alledem von der grössten Bedeutung geworden, da sie es ermöglicht, die membranogene Hautschicht direct im Leben zu verfolgen. Ich stellte schon früher fest, dass während des starken Längenwachsthums dieser neuen Endflächen die Dicke der Zellwandung an derselben constant bleibt: Längenwachsthum und Dickenwachsthum sich somit das Gleichgewicht halten. Ich kann jetzt hinzufügen, was der Augenschein hier direct auch lehrt, dass während dieses Wachsthums nicht die Zelle im ganzen Umkreise, sondern

¹⁾ Entgegen früheren Angaben.

²⁾ Zellbildung u. Zelltheilung, I. Aufl., p. 63.

nur das neue Zellende verdickt wird. An dieses werden die Mikrosomen ausschliesslich geführt, hier allein ist die stäbchenförmig differenzierte Hautschicht zu sehen. Es werden somit an dem wachsenden Zellende in einander steckende Membrankappen gebildet. In dem Maasse, als die äusseren eine Dehnung erfahren, werden neue hinzugefügt, um die Dicke der Wand constant zu erhalten. Da aber auch an diesem Ende die Differenzierung in Innenschicht und gallertartige Aussenschicht besteht und ein constantes Verhältniss bewahrt, so bleibt keine andere Möglichkeit bestehen, als dass die Membrankappen allmälig von der Innen- zur Aussenschicht übergehen. Sie quellen gallertartig auf, sobald sie in eine bestimmte Entfernung vom Zellinhalt, eine bestimmte Nähe der Oberfläche gelangt sind. — Das Wachsthum der Zellenden von Spirogyra zeigt, dass die Bildung neuer Membranlamellen durch das Bedürfniss geregelt, auf bestimmte Stellen der Zellwand beschränkt werden kann. Wir mussten schon früher die Annahme machen, dass in den geschlossenen Zellfäden der Spirogyra die Seitenwände stärker als die Querwände wachsen, jetzt finden wir, dass dieselbe Pflanze auch reines Scheitelwachsthum mit Kappbildung besitzen kann.

Die geschilderten Wachstumsprocesse habe ich am Tage sowohl, als auch des Nachts beobachtet und keine irgend wie auffallenden Unterschiede in der Intensität des Vorgangs wahrgenommen. Die Plasmaströmung in der Zelle war nicht langsamer, die Plasmaanhäufung an der wachsenden Stelle dieselbe und eben so hier auch die charakteristische Structur der Hautschicht.

In den Gliederzellen von Cladophora glaubt Schmitz, nach erfolgter Theilung, eine Hautbildung im ganzen Umfang der Zelle annehmen zu können¹⁾. Möglich ist es, dass auch in den jeweiligen Scheitelzellen dieser Pflanze die Häute im ganzen Umfang der Zellen gebildet werden. Die Quellungserscheinungen scheinen hierfür zu sprechen. Hingegen muss ich annehmen, dass innerhalb einer Zweizelle, solange diese noch nicht durch eine Scheidewand von der Mutterzelle abgegrenzt ist, nur Kappen entstehen, welche am Grunde des Zweitvorsprungs aufhören, ohne in die Mutterzelle hineinzureichen. Bei Besprechung

¹⁾ l. c. p. 4.

der Structur der Cladophorenwand habe ich erwähnt, dass dieselbe auch quergestreifte Schichten führt; ich hob gleichzeitig hervor, dass diese quergestreiften Schichten nur in den inneren Theilen der Wand deutlich sichtbar sind. Es hängt das, meine ich, damit zusammen, dass die queren Streifen durch Dehnung der Wand immer weiter aus einander gerückt und schliesslich unkenntlich werden. Die Längsstreifen hingegen behalten während der Dehnung der Zellwand ihre Deutlichkeit bei, denn sie werden nur relativ wenig seitlich auseinandergerückt und treffen in den verschiedenen Lamellen auf einander.

Es ist nicht festzustellen, ob am Scheitel einer Cladophora die älteren Schichten gesprengt werden; man kann sich in der That vorstellen, dass deren Dehnung bis zur Unkenntlichkeit fortgesetzt wird, ohne dass eine scharfe und gleichzeitige Ruptur stattfände. In anderen Fällen werden die Schichten gesprengt, wie uns für Fälle mit scheinbar gleichmässig fortwachsender Wandung zuerst Schmitz zeigte. Durch die Güte desselben war ich in der Lage sein Präparat von *Bornetia secundiflora* zu studiren und auch mit seiner Einwilligung zu zeichnen. Wie beifolgende Figur 55 (Taf. IV) zeigt, ist die von Schmitz gegebene Schilderung in allen Punkten richtig. Es werden am Scheitel der fortwachsenden Zelle anhaltend von innen aus Kappen gebildet, während die äusseren gedehnt werden. Diese äusseren Kappen verschmelzen in dem Maasse, als sie gedehnt werden, in scheinbar einheitliche Schichten. Der optische Durchschnitt Fig. 55 zeigt, bei schwacher Quellung der Wand, das hier geschilderte Verhalten ganz augenscheinlich. Die Grenzflächen der Schichten lassen sich deutlich in ihrem Lauf verfolgen und ihre Annäherung an die Aussenfläche constatiren, hier schwinden sie in einer scheinbar homogenen äussersten Schicht. Ich bemerkte auch hier an den Schichten die im optischen Durchschnitt stäbchenförmig erscheinende Structur und zwar wiederum besonders an den Grenzflächen sich markirend.

Einen weitern Schritt und wir gelangen zu dem Verhalten mancher Scytonemeen und Rivularien. Schmitz hat bereits in einer Anmerkung¹⁾) auf die Berührungspunkte zwischen dem Wachsthum von *Bornetia* und *Petalonema* hingewiesen. Als

¹⁾ l. c. p. 8.

²⁾ l. c. p. 9.

Unterschied bleibt, dass bei Petalonema¹⁾ die aufeinanderfolgenden Schichten nicht fest an einander haften, die äusseren Schichten daher nicht fort dauernd gedeht, vielmehr von den inneren als bald durchbrochen werden und sie nun scheidenförmig umgeben. Diese Schichten quellen sehr stark. Der Faden ist aber ausserdem von einer nicht gequollenen, scheinbar continuirlichen Haut umgeben. Die Zahl der Schichten entspricht der Zahl der Scheidewände im Faden, so dass anzunehmen ist, dass auf jeden Theilungsschritt der allein theilungsfähigen Scheitelzelle die Bildung einer später quellenden Haut in der Endzelle folgt. Dass diese Hämpe trichterförmig nach oben erweitert werden, folgt einfach aus der wachsenden Dehnung, die sie in dieser Richtung durch die hinzukommenden Hämpe erfahren. Diese Dehnung erhöht die Wassereinlagerung, die ja bei solcher Vergallertung der Cellulose sehr hohe Werthe erreichen kann²⁾. Die Annahme von Intussusceptionswachsthum, um diese Erscheinung zu erklären, halte ich nicht für nöthig³⁾. Den Umstand, dass der Faden auch von einer nicht gequollenen Haut umgeben bleibt, erkläre ich mir in der Weise, dass nur eine äussere Schicht der jedesmalig gebildeten Haut der Endzelle in Quellung übergeht. Spirogyra orthospira bietet wieder eine Analogie zu diesem Vorgang. Nach erfolgter Trennung wird dort an der Endfläche, wie geschildert wurde, eine neue Gallertschicht ausgebildet. Diese geht aus den äusseren Lamellen einer in die Innenschicht der Seitenwände mündenden Schicht der Querwand hervor, daher wird diese neue Gallertschicht auch scheidenförmig umfasst von den Rändern der aufgerissenen alten⁴⁾; diese alte Gallertschicht von der neuen mehr oder weniger an ihrem Rande trichterförmig erweitert. Die Continuität der inneren nicht gequollenen Schicht ist aber auch bei Spirogyra in diesem Vorgang gegeben.

¹⁾ Vergl. Hofmeister, Pflanzenzelle, p. 154, Fig. 43.

²⁾ Vergl. z. B. die Volumenzunahme bei Quellung der Verdickungsschichten in den Epidermis der Labiaten-Theilfrüchte, des Gallertringes der Marsilia-Früchte etc.

³⁾ Vergl. dagegen Naegeli, Stärkekörner, p. 284.

⁴⁾ Vergl. unsere Figur in Zellbildung u. Zelltheilung, I. oder II. Aufl., Taf. IV, Fig. 37.

Weiter schliessen sich hier die von Schmitz¹⁾ geschilderten Vorgänge von *Gloeo caps a* und Verwandten an, die ich in diesem Buche auch schon zur Sprache brachte und wo eine einfache Dehnung und Sprengung äusserer, quellender Schichten durch die inneren vorliegt. Einen solchen Fall recht auffallender Absprengung äusserer Schichten bildet auch Reinke²⁾ für *Schizochlamys gelatinosa* ab.

Eine Sprengung äusserer Membranschichten durch innere lässt sich auch an der Epidermis höherer Pflanzen hin und wieder beobachten, wenn nämlich die Epidermiszellen fortfahren, sich zu vergrössern, nachdem deren Aussenwandung eine bedeutende Dicke erreichte. So bei *Viscum album*. Auf den Verlauf der Schichten in der älteren Epidermis dieser Pflanze waren wir schon früher eingegangen, hier seien also nur die Sprengungsscheinungen angefügt. Am besten sieht man dieselbe bei der Wahl möglichst dicker, doch noch grün erscheinender Internodien. Dünne Querschnitte bei langsamem Zutritt concentrirter Schwefelsäure zeigen diese Verhältnisse am besten. Die Cuticularschichten der Epidermis sind bis zu wechselnder Tiefe longitudinal geborsten; am Rande der Sprünge haben sich die Schichten mehr oder weniger nach aussen gebogen. Am besten zeigen das Stücke, die zwischen zwei nahe an einander liegenden Spalten sich befinden: sie werden stark concav an ihrer Aussenseite. Die negative Spannung nimmt somit innerhalb der Cuticularschichten von innen nach aussen zu. Die Kraft, die nöthig ist, um so starke Schichtengruppen, wie sie hier vorliegen, zu dehnen, respective zu sprengen, muss sehr bedeutend sein, sie wird durch das Dickenwachsthum des Stammes geliefert. Für uns ist es aber von Interesse, überhaupt zu constatiren, dass selbst so dicke Hämpe noch passiver Dehnung unterliegen können. Die durch Risse frei gelegten inneren Theile der Cuticularschichten cuticularisiren nun noch stärker, nach Art der Cuticula, doch sind sie nicht scharf nach innen gegen weitere Cuticularschichten abgegrenzt. Eine eigentliche, scharf abgesetzte Cuticula ist überhaupt nicht mehr an so alter Epidermis zu unterscheiden. Die Stärke der Cuticularisirung steigt gleichmässig in den Cuticularschichten von

¹⁾ l. c. p. 7.

²⁾ Lehrbuch, p. 23.

innen nach aussen und wird durch das Verhalten gegen concentrierte Schwefelsäure deutlich angezeigt.

An jüngeren Internodien von *Viscum* hat die Epidermis, wie schon H. v. Mohl angiebt¹⁾, eine scharf abgesetzte Cuticula aufzuweisen. H. v. Mohl beschreibt dieselbe „an einem noch im Knospenzustande befindlichen, in der Blattachsel verborgenen, etwa 1“ langen Zweige“. Bei Behandlung mit concentrirtem Kali löst sich die Cuticula als zusammenhängende Membran ab, an welcher keine den unterliegenden Zellen entsprechende Abtheilungen zu erkennen sind. Ich erblicke nun hier, wie an anderen Orten, in der zusammenhängenden Cuticula eine aus zahlreichen verschmolzenen Lamellen entstandene Bildung. Sie schliesst in sich die stark gedeckten, chemisch veränderten Mutterzellhäute unzähliger Zellgenerationen. Sie wird nicht durch Intussusception ernährt, vielmehr durch innere Anfügung immer neuer Lamellengenerationen. Daher kommt es auch, dass sie continuirlich über die definitiven Zellen, die sie zu decken hat, hinläuft. Sie ist gebildet worden zu der Zeit starker Dehnung, während die an sie ansetzenden Verdickungsschichten, ob später cuticularisirt oder nicht, erst folgten, als das Längenwachsthum der Hauptsache nach vollendet war, das Dickenwachsthum begann. Daher setzen diese Verdickungsschichten auch gegen die Cuticula ab. Die Cuticula lässt in einigen, wenn auch seltenen Fällen, eine zarte Schichtung erkennen²⁾. Dass sie es meist nicht thut, darf uns nicht wundern, gelingt es doch ebenso wenig, einen lamellösen Bau an der Aussenschicht von *Ulothrix* oder *Spirogyra* nachzuweisen.

Im Anschlusse an Sachs hat de Vries³⁾ gezeigt, dass ein in starkem Wachsthum befindlicher Pflanzentheil, in Kochsalzlösung getaucht, sich verkürzt. Daraus zieht er den Schluss, dass das Wachsthum zum grossen Theile auf einer durch Turgor hervorgerufenen passiven, elastischen Ausdehnung der Zellen beruht. Diese Ausdehnung werde nicht sofort durch „Intussusception“ ausgeglichen, vielmehr erst später. Wiesner⁴⁾ möchte

¹⁾ Bot. Zeitung, 1849, Sp. 594.

²⁾ de Bary, vergl. Anatomie, p. 79.

³⁾ Untersuchungen über die mechanischen Ursachen der Zellstreckung, 1877.

⁴⁾ Das Bewegungsvermögen der Pflanzen, 1881, p. 33.

diese Deutung in etwas modifizirt sehen, denn er findet, dass die durch Plasmolyse hervorgerufene Verkürzung nicht den Werth des ganzen Zuwachses erreicht, vielmehr ein Rest übrig bleibt, der den reellen, d. h. durch Plasmolyse nicht mehr rückgängig zu machenden Zuwachs repräsentirt: es habe somit selbst im Anfang des Wachsthums Intussusception stattgefunden und „einen Theil der passiven Dehnung der Wand sofort realisiert“. Dieser von Wiesner gefundene Werth war übrigens ein nur relativ geringer. Aus allen Versuchen über Wachsthum folgt übereinstimmend, dass die Zellwände durch Turgor passiv gedehnt werden. Dies entspricht durchaus unseren auf histologischem Wege gewonnenen Anschauungen. Während der Dehnung werden sie durch Apposition neuer Lamellen verstärkt, an den nach vollendetem Längenwachsthum gebildeten finden die gedehnten einen Widerhalt. Wird ein in raschem Längenwachsthum befindlicher Pflanzenteil plasmolysirt, so zieht er sich eventuell nicht mehr vollständig auf die ursprüngliche Länge, vielmehr auf ein Maass zurück, das der mittelbaren Gleichgewichtslage der inzwischen gebildeten Lamellen entspricht, soweit diese noch nicht über die Elasticitätsgrenze gedehnt wurden. Ist das Längenwachsthum seit einiger Zeit vollendet und eine stärkere Verdickung der Wände nach Vollendung derselben eingetreten, so zieht sich der betreffende Pflanzenteil überhaupt nicht mehr in Salzlösungen zusammen. — Nach de Vries, Pfeffer¹⁾ soll die zur Einleitung von Flächenwachsthum nothwendige und in der Pflanze wirksame Dehnung der Regel nach die Elasticitätsgrenze der Wandungen nicht überschreiten. „Dass durch die in den Pflanzen wirksamen Zugkräfte die Elasticitätsgrenze nicht überschritten wird“ folgert Pfeffer „aus der mit Entziehung des Sauerstoffs sofortigen Sistirung des Wachsens. Denn da hierbei Turgor und überhaupt die Spannungen zunächst nicht vermindert werden, so würde auch noch gewisse Verlängerung zu Stande kommen, wenn die in der Pflanze gegebenen Zugkräfte ausreichten, die wachstumsfähigen Zellhäute über die Elasticitätsgrenze zu dehnen.“ Da bei Sauerstoffabschluss auch die Bildung neuer Lamellen durch Apposition sistirt wird, so lässt sich die gegebene Beobachtung mit Intussusceptions- wie Appositionswachsthum in Einklang bringen, denn in beiden Fällen

¹⁾ Pflanzenphysiologie, Bd. II, p. 59.

Straßburger, Entstehung u. Wachsthum der Membranen.

müsste das Protoplasma gleich thätig in den Wachstumsorgang eingreifen. Aus meinen Untersuchungen geht andererseits mit aller Gewissheit hervor, dass bei fortgesetztem Längenwachsthum die äusseren Membranlamellen in der That über die Elasticitätsgrenze gedeht werden müssen, zum Theil auch Sprengungen erfahren, während die apponirten Lamellen gleichzeitig elastisch gedeht sind. Daher trotz fortgesetzter Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze für äussere Membranlamellen, Verkürzung der wachsenden Pflanzenteile durch Plasmolyse. Die Verkürzung ist eben auf die jüngsten Lamellen zurückzuführen, deren Elasticitätsgrenze noch nicht überschritten ist. Wie rasch übrigens bei autonomen und inducirten Krümmungsbewegungen die Apposition neuer Lamellen der Krümmung folgt, muss durch directe Beobachtungen erst festgestellt werden.

Der Ring von Oedogonium scheint ganz unelastisch zu sein und wird nur passiv gedeht.

Dann existiren auch Fälle, wo, ungeachtet des Vorhandenseins von Cellulosewänden, Flächenwachsthum ohne Hilfe osmotischer Druckkräfte vor sich geht: so das Wachsthum der Pollenschläuche. Während die Spitze des Pollenschlauches in bestimmter Richtung fortschreitet, entleert sich das Pollenkorn und fällt sogar gewöhnlich zusammen. Das ganze Plasma zieht sich nach der Schlauchspitze und rückt in bestimmter Richtung fort. Die weiche Cellulosemembran an der Schlauchspitze setzt dieser Bewegung nicht hinreichenden Widerstand entgegen, sie wird passiv gedeht und durch entsprechend neue Kappen verstärkt. Die treibende Kraft liegt somit in diesem Falle ausschliesslich im Protoplasma, welches an den Seitenwänden des Schlauches einen Widerhalt findet. Ganz ebenso schreiten die Plasmodienzweige fort, eine beliebige Unterlage als Stütze benutzend. Ich bin der Meinung, dass auch das langsame, gestaltende Wachsthum an den Vegetationspunkten höherer Pflanzen, der Hauptsache nach, als eine fortschreitende Bewegung des Protoplasma aufzufassen sei, ein Gedanke, der in ähnlicher Form schon von Hofmeister ausgesprochen wurde¹⁾.

Aus meiner Schilderung des Flächenwachsthums der Zellmembranen folgt, dass ich Traube's Niederschlagsmembranen

¹⁾ Pflanzenzelle, p. 125.

selbst auch zur Erläuterung dieses nicht verwerthen kann; denn diese Niederschlagsmembranen wachsen ja in der That durch Einlagerung neuer Theilchen, welche innerhalb der intermolekularen Räume entstehen, wenn durch mechanische Dehnung letztere so erweitert wurden, dass die Membranogen zusammentreffen können. Auch sind, wie hier gleichzeitig bemerkte sei, weder die Zellmembran noch die Hautschicht als Niederschlagsmembranen aufzufassen. Die Cellulosemembran geht, wie wir sahen, aus einer mikrosomenhaltigen Hautschicht durch Spaltung des Protoplasma hervor. Die Hautschicht zeichnet sich andererseits, soweit sie nicht in Umbildung zur Cellulose begriffen ist, von dem übrigen Plasma, wie ich mit Schmitz¹⁾ annehmen möchte, vornehmlich nur durch engmaschigere Structur aus; ja, ich meine, dass die Maschen in derselben auch vollständig obliterieren können. Schmitz suchte, im Anschluss an Frommann²⁾, zu zeigen, dass alles Protoplasma netzförmig gebaut sei; in der Hautschicht wären aber die Maschen meist nur als Punkte zu unterscheiden. Diese besondere Structur mag der Hautschicht die Bedeutung geben, die ihr Pfeffer³⁾ für diosmotische Vorgänge zuerkennt. Uebrigens hebt Schmitz schon mit Recht hervor, dass die Hautschicht an der Oberfläche des Plasmakörpers nicht stets vorhanden sei⁴⁾, und wir sahen in der That, dass nach jedesmaliger Bildung einer Celluloselamelle einige Zeit verstreichen muss, bis dass sich die Hautschicht in ursprünglicher Stärke wieder ausgebildet habe. An der Oberfläche künstlich befreiter Plasmamassen mag in gewissen Fällen eine Hautschicht durch Verengung der Netzmäschchen entstehen; in anderen sich an ihrer Bildung chemische Processe betheiligen, oder in anderen letztere ausschliesslich obwalten.

Es bleibt uns noch übrig, die Faltenbildung an Membranen mit der Appositionslehre in Einklang zu bringen, ein Versuch, der meines Wissens noch nicht gemacht worden ist.

¹⁾ Sitzber. der niederrh. Gesell. f. Natur- und Heilkunde in Bonn,
13. Juli 1880.

²⁾ Beobachtungen über Structur und Bewegungserscheinungen des Protoplasma der Pflanzenzellen, Jena 1880.

³⁾ Zuletzt Pflanzenphysiologie, Bd. I, p. 38 ff.

⁴⁾ l. c. p. 10.

Eine Anzahl *Spirogyra*-Arten besitzt sog. „zurückgeschlagene“ Zellenden, eine Erscheinung, die man als doppelte Faltung der inneren Schichten der Querwand gedeutet hat. Wesentlich richtige Abbildungen dieses Verhaltens finden sich schon bei Cohn¹⁾; ich gebe einen optischen Durchschnitt des fertigen Zustandes in Fig. 57, Taf. IV, und zwar nach einem Pikrinpräparate. Die Zellen treten hier ebenfalls leicht aus dem Verbande und dann stülpt sich das „zurückgeschlagene Zellende“ nach aussen, die Zelle um ein entsprechendes, kegelförmiges Stück verlängernd (Fig. 58). Es scheint hier in der That Alles dafür zu sprechen, dass eine Faltung der inneren Lamellen der Querwand vorliegt, und doch zeigt die Entwicklungsgeschichte, dass sich die Sache anders verhält. Am besten ist der Entwicklungsvorgang an kräftig vegetirenden Zellfäden, die in Pikrinsäure eingelegt wurden, zu verfolgen. Man findet unschwer alle erwünschten Entwicklungszustände zusammen. Die Querwand quillt in der Pikrinsäure und dieses erleichtert eben die Beobachtung. Die Querwand ist linsenförmig angeschwollen, sie besteht jetzt aus weniger dichter Substanz im Innern und wird beiderseits von einem stark lichtbrechenden Grenzhäutchen eingefasst. Fig. 56 zeigt im optischen Durchschnitt den Beginn der sog. Falte, die eigentlich eine ringförmige Verdickung der Querwand ist. Dieser Ring besteht zunächst aus derselben lichtbrechenden Substanz wie das Grenzhäutchen. Er wächst in die Höhe und Dicke, nicht anders als etwa die Verdickungsleisten in Gefässen. Hat er eine bestimmte Dicke erreicht, so ist er nicht mehr seiner ganzen Masse nach gleich stark lichtbrechend, es wird vielmehr in seinem Innern ein Streifen schwächer lichtbrechender Substanz sichtbar (Fig. 57). Es sind das Membrantheile, welche, wie sonst auch, an Lichtstärke ab, an Wassergehalt zunehmen, in dem Maasse, als sie sich von dem Zellinhalt entfernen. Diese mittleren Theile des Ringes zeigen durchaus dasselbe Verhalten wie der mittlere Theil der Querwand, und werden, wie letztere, von demselben Grenzhäutchen umfasst. Bei der Trennung der Zellen in Wasser wird der in Pikrinsäure quellende mittlere Theil der Querwand und des Ringes auf-

¹⁾ Nova Acta, Bd. XXII, Th. II, 1850, Taf. 54, Fig. 1.

gelöst und daher letzterer wie eine Falte geöffnet und nach aussen gestülpt.

Thatsächlich wird auch der Ring von *Oedogonium* nicht anders gebildet¹⁾ und unterscheidet sich nur durch seine grössere Dicke und die später erfolgende Streckung. Der Ring von *Oedogonium* ist bei der Anlage ebenfalls solid und wird in eine „Falte“ erst dadurch verwandelt, dass die Substanz in seiner Mitte sich chemisch anders differenzirt. Diese Substanz wird im Ringe von *Oedogonium* frühzeitig resorbirt; dieselbe Veränderung und nachherige Resorption trifft auch einen schmalen Ringstreifen der alten Mutterzellwand, die Stelle, an der sie später reissen soll.

Aehnlich erfolgt auch die Anlage der sog. Falten in den Oberhautzellen der Blumenblätter von *Primula sinensis*. Sie entstehen relativ spät, an bereits gefärbten Blumenblättern von zwei Drittel Grösse. Sie zeigen sich in der Flächenansicht der Oberhaut als kleine, solide, in ihrer ganzen Masse gleich stark lichtbrechende Höcker. Gleichzeitig wird die Wand in der bekannten Weise zickzackförmig von Höcker zu Höcker gebrochen. Bei ihrer Anlage sind diese Höcker ziemlich stark quellungsfähig. Sie nehmen an Grösse zu und nun tritt dasselbe wie bei *Spirogyra* ein, d. h. es beginnt die Substanz in ihrer Mitte sich durch schwächere Lichtbrechung zu markiren. Jetzt sehen die Höcker wie Falten aus und sind dann auch als solche beschrieben worden. In Wirklichkeit haben wir es mit leistenförmig verdickten Stellen der Zellwand zu thun. Zarte, senkrecht zur Blumenblattfläche geführte Schnitte zeigen, dass diese Leisten die ganze Höhe der Seitenwand einnehmen. Ganz richtig giebt de Bary an²⁾: „an den buchtigen Seitenwänden von Epidermiszellen findet sich bisweilen in der tiefsten Stelle einer Bucht eine locale Verdickung von der Form einer nach innen vorspringenden, senkrecht zur Oberfläche stehenden, einer schmalen Falte oder Duplicaten der Membran gleichenden Leiste.“ — Wo die Leisten nur geringe Tiefe und Breite erreichen, da erscheinen sie ihrer ganzen Masse nach solid von derselben Lichtbrechung wie die Seitenwände der Zellen, denen

¹⁾ Zellb. u. Zellth., II. Aufl., p. 73.

²⁾ Vergl. die Abbildungen von Cohn l. c. Fig. 6—10.

³⁾ Vergl. Anat., p. 74.

sie angehören, so an der Blattunterseite von *Helleborus foetidus*. Bei *Primula sinensis* sind die Leisten tief, am inneren Rande oft erweitert, so dass sie im optischen Durchschnitt wie hutpilzförmig erscheinen, dabei das Grenzhäutchen schmal, die Leisten in Folge dessen scheinbar hohl. Bei Anwendung von Schwefelsäure wird die Substanz im Innern der Leisten stärker lichtbrechend, so dass man sich leicht von deren Existenz überzeugen kann; dabei quellen die Seitenwände hier und dort und zeigen nun auch eine mittlere, schwächer lichtbrechende Substanz, die mit dem Innern der Leisten communicirt, und ein Grenzhäutchen, das über die Leisten läuft¹⁾.

Die „Falten“ welche Pringsheim bei Cladophoren beschrieb²⁾ und als „Resultat einer durch Massenzunahme bewirkten Vergrösserung (Wachsthum) der Zellwand bei verhinderter Ausdehnung“ auffasste, sind, wie er selbst angab, öfters unterbrochene Theilungsschritte. Wird in der That eine ringförmig angelegte, an ihrem inneren Rande fortwachsende³⁾ Scheidewand nicht vollständig ausgebildet, so laufen die späteren Verdickungsschichten über dieselben und verlassen so die scheinbaren in einander geschachtelten Faltensysteme. „Zuweilen geschieht es,“ gab schon Mitscherlich⁴⁾ an, „dass sich die Scheidewand nur zur Hälfte, oder nur auf einer Seite entwickelt, dann finden spätere Ablagerungen auf dieser Bildung statt und, wenn man nicht die Entwicklung der Membran dauernd unter dem Mikroskop verfolgt hat, kann man diese Bildung für beginnende Ein- und Abschnürung halten.“ Ausser „Falten“, die auf unterbrochene Zelltheilung zurückzuführen waren, fand ich auch solche, die localen Quellungserscheinungen den Ursprung verdankten. Veranlasst waren diese vornehmlich wohl durch äussere Eingriffe. In einigen Fällen waren im Innern der Falte abgestorbene Protoplasmareste zu sehen, da hatte sich das lebende Protoplasma gegen beschädigte Partien durch Cellulosehaut abgegrenzt.

Ich deutete schon bei Besprechung der Höcker an den Haaren von *Coleus* an, dass Cuticularisirung mit Volumen-

¹⁾ Vergl. die Abbildung bei Mohl, Verm. Schriften, Taf. VIII, Fig. 21.

²⁾ Pflanzenzellen, 1854, p. 59, 60, Taf. I, Fig. 18—22.

³⁾ Zellbildung und Zelltheilung, III. Aufl., p. 208.

⁴⁾ Bericht der Berl. Akad., 1847, p. 434.

zunahme verbunden ist. Dies ist, meiner Auffassung nach, die Ursache der mannigfaltigen, oft sehr charakteristischen Zeichnungen, welche die Cuticula vieler Pflanzen bei Flächenbetrachtung zeigt. Die Zeichnung röhrt von Falten her, welche die cuticularisirenden Hämpe bei ihrer Grössenzunahme werfen. In manchen Fällen kann die Grössenzunahme cuticularisirender Theile sehr bedeutend werden und ein Abheben derselben von den nicht cuticularisirenden veranlassen, so bei Abhebung einer Aussenschicht des Exinium an den Pollenkörnern von Clarkia; der Flügel am Pollen der Pinus-Arten; einer Mittelschicht von der Innenschicht an den Sporen von Equisetum.

Eine Einschaltung neuer Cellulose-Moleküle in das Gerüst der Membran, neuer Stärke-Moleküle in das Gerüst des Stärkekorns, halte ich nach meiner Erfahrung nicht für möglich. Entsteht doch die Cellulose, wie die Stärke, durch unmittelbare Spaltung des Protoplasma und nicht durch Auskristallisiren aus Cellulose- und Stärkelösungen. Alle nachträgliche Volumenabnahme oder Volumenzunahme der Membranen und Stärkekörper basirt daher auf Quellungserscheinungen, hervorgerufen durch intermolekulare Einlagerung von Wasser oder wässriger Lösungen.

Wohl alle Stärke- und Cellulose-Lamellen unterliegen nach ihrer Anlage einer, wenn auch geringen chemischen Veränderung, die, vom Protoplasma meist unabhängig, nichts desto weniger an die in der lebenden Pflanze herrschenden Bedingungen geknüpft sein kann. Die älteren, überdeckten Stärkelamellen werden durch Jod dunkler gefärbt, eine Erscheinung, die kaum auf den wachsenden Wassergehalt allein zurückzuführen ist. Die Zellhäute der Coniferen-Holzzellen verholzen der Haupt- sache nach erst, nachdem sich die Zellen völlig vom Protoplasma entleerten; die Cuticularisirung der Membranen der Oberhautzellen erfolgt an der Oberfläche sehr dicker Zellhäute augenscheinlich unter dem Einfluss der Umgebung. Die Beziehung zum Protoplasma ist im letzten Falle nicht ersichtlich, im ersten ausgeschlossen und doch gehen die genannten Prozesse nur an der lebenden Pflanze vor sich. — Innerhalb der lebenden Pflanze können übrigens die chemischen Veränderungen einer Substanz auch so weit gehen, dass sie schliesslich zu deren Desorganisation führen, so z. B. bei Verwandlung der Cellulose in Schleim, Gummi u. s. w.; ganzer Zellenkomplexe,

samt Inhalt, in Harz, ätherisches Oel und dergleichen mehr. Durch Infiltrationen und Incrustationen aller Art, intermolekulare Bindung von Kalk, Kiesel, aber auch ölartiger und harzartiger Stoffe wird das Verhalten der Zellwände, namentlich deren Quellungsfähigkeit, modifizirt; auch die osmotischen Eigenschaften verändert. So giebt Traube auch für künstliche Niederschlagsmembranen eine ähnliche Erscheinung an, indem z. B. eine Haut aus gerbsaurem Leim mit Bariumsulfat infiltrirt, für Ammoniumsulfat impermeabel wird¹⁾.

¹⁾ Vergl. Traube, Archiv für Anat. und Physiologie, 1867, p. 141, Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Bd. I, p. 95.

Membranbildung im Thierreiche.

Die Zelle in den Geweben der Thiere haben meist keine chemisch differenten, oder doch nicht scharf abgesetzte Membranen aufzuweisen; daher die Frage nach der Membranbildung in der thierischen Histologie nie dieselbe Rolle, wie in der pflanzlichen Histologie, gespielt hat. Das theoretische Interesse, das sich an die Erforschung der Membranbildung knüpft, bleibt freilich auch dort von der Frage nach der Verbreitung der Membranen unberührt und gewinnt an Tragweite durch den Vergleich mit analogen Vorgängen des Pflanzenreichs. Da es mir aber hier nur darum zu thun ist, Vergleichungspunkte zu gewinnen, so sehe ich von vorn herein davon ab, eine vollständige Uebersicht aller Vorgänge der Membranbildung im Thierreiche zu geben und beschränke mich auf die Zusammenstellung einiger besonders prägnanter, mir bekannt gewordener Fälle.

Ueber die Entstehung der Kapseln und der Zwischensubstanz im Knorpel sind weit auseinandergehende Ansichten geltend gemacht worden¹⁾. Man einigte sich schliesslich wohl dahin, dass in den Kapseln wie in der Zwischensubstanz ein nur von den Knorpelzellen geliefertes Material vorliege und dass die ganze Zwischen- oder Grundsubstanz einem Process wiederholter Kapselbildung ihre Entstehung verdanke. Controvers blieb aber, ob die Kapseln als festgewordene Zellsecrete oder als umgewandelte Theile des Zellenleibes aufzufassen seien. Für letztere Alternative spricht sich neuerdings H. Strasser in einem Aufsatze „zur Entwicklung der Extremitäten-Knorpel bei Salamandern und Tritonen“ aus²⁾, indem er bestimmt eine

¹⁾ Vergl. die Zusammenstellung in Frey, Handbuch der Histologie und Histochemie des Menschen, 5. Aufl., 1876, p. 187.

²⁾ Morph. Jahrb., V. Bd., 1879, p. 249, 260, 310.

directe Umwandlung der peripheren Protoplasmaschichten in die dichten Kittsubstanzen behauptet. — Hiermit wären somit für die Bildung der Knorpel-Kapseln ähnliche Gesichtspunkte wie für die Bildung pflanzlicher Zellhäute gewonnen.

Manche noch auffallendere Analogien mit der Hautbildung an Pollenkörnern und Sporen bietet die Betrachtung der Schalenbildung um thierische Eier dar.

A. Weissman¹⁾ giebt an, dass bei Daphniden (*Leptodora*) die frei in der Flüssigkeit des Brutraumes schwebenden, kugelig gewordenen Eier zunächst ohne feste Schale sind. „Alsdann aber erhärtet die oberflächliche Schicht der dicken Protoplasmaringe und bildet eine 0,003 mm dicke, aus zwei etwa gleich dicken Lagen bestehende, derbe und feste Schale“²⁾. Diese Schale ist, schreibt Weissmann, morphologisch nichts anderes, als eine Zellmembran³⁾. — Die Wintereier von *Polyphemus* erhalten auch eine dicke Schale durch Erhärtung einer peripherischen Schicht von Protoplasma⁴⁾. Doch wird zuerst eine Gallerthülle um die Eier gebildet aus der die Eier umgebenden Grundsubstanz. Diese feinkörnige, graue Substanz wird von den Epithelzellen des Eileiters ausgeschieden; soweit als sie zur Bildung der Gallerthülle verwendet wird, wandern aus ihr die Körnchen aus⁵⁾.

Bei *Bythotrephes* stellen Hypodermiszellen im Brutraum eine Schalenbildungsdrüse dar, welche den Stoff zur Bildung eines Theiles der dicken, gelben Schale der Wintereier liefert⁶⁾. Sobald die frisch in den Brutraum eingetretenen Eier sich kugelig zusammengezogen haben, beginnt die Bildung einer zuerst sehr feinen Dotterhaut durch Erhärtung der Protoplasmaringe des Eies. Diese verdickt sich bis zu 0,032 mm und zeigt dann deutlich zwei Schichten oder Hämpe, eine innere feine und eine äussere von bedeutender Dicke und feiner Längsstreifung im optischen Querschnitt. Die Schale ist in diesem Stadium grau und muss trotz ihrer Zweischichtigkeit in ihrer ganzen Dicke

¹⁾ Zur Naturgeschichte der Daphniden Bd. I, 1876, Zeitschr. für wiss. Zool., Bd. XXVII; II, III, IV, 1877; ebendas. Bd. XXVIII.

²⁾ Sep.-Abdr. p. 58.

³⁾ l. c. p. 59.

⁴⁾ l. c. p. 132.

⁵⁾ l. c. p. 130—132.

⁶⁾ l. c. p. 137.

als Dotterhaut, d. h. als ein Product des Eies selbst betrachtet werden. Erst auf diese doppelschichtige Dotterhaut lagert sich nun noch eine dritte Haut und diese ist das Product der oben erwähnten Drüse. Zur Zeit der Schalenbildung findet man in jeder der Drüsenzellen stark lichtbrechende, gelbe Körner verschiedener Grösse, die auf ein Häufchen zusammengedrängt, in der Nähe der Kerne liegen; sie lösen sich in verdünnter Salzsäure ohne Gasentwicklung auf. Diese Körnchen werden durch feine Poren der die Drüsenzellen überziehenden Cuticula in den Brutraum gepresst, zertheilen sich dort in feinste Körnchen und lagern sich dann der Schale von aussen auf. Im Anfang des Processes ist die ganze Schale wie gepudert mit feinsten gelben Körnchen, allmälig aber häufen sie sich zu einer dickeren Lage an und bilden dann die äusserste undurchsichtige, stark gelbe Schicht der Schale¹⁾.

Wir sehen hier somit auch im Thierreiche und zwar begreiflicher Weise wieder an der Oberfläche freier, für freie Existenz zeitweise bestimmter Zellen, die Auflagerung neuer Membranschichten auf der Aussenseite schon vorhanden, ohne Zuthun des im Innern dieser Zellen eingeschlossenen Protoplasma. In wie weit lebendes Protoplasma der Umgebung bei diesem Vorgang thätig ist, bleibt noch festzustellen.

Aehnlich, wie für die geschilderten Fälle, giebt Leydig²⁾ für die Insecten an, dass die Schale oder das Chorion durch die Thätigkeit der Epithelzellen der Eierstockröhre um das Ei gelagert werde. Die Dotterhaut, eine helle, homogene, verhältnissmässig dünne Membran, kommt hingegen, wie von Leydig besonders vermerkt wird, nach Art einer gewöhnlichen Zellmembran, als erhärtende Rinde der Eierzelle zu Stande³⁾. Ich betone diesen Ausspruch, weil er zeigt, wie in der thierischen Histologie die Vorstellung, dass Membranen durch Erhärtung peripherischer Protoplasmalagen entstehen, ganz geläufig war, während man gleichzeitig in der Botanik fast ausschliesslich der Ausscheidungshypothese huldigte.

Für den Blattkäfer *Timarchia tenebricosa* Fabr. giebt Leydig im Besonderen an, man könne dort am reifen Ei, von

1) l. c. p. 137, 138.

2) Der Eierstock und die Samentaschen der Insecten 1866. Nova Acta Vol. XXXIII, p. 57.

3) l. c. p. 58.

innen nach aussen fortschreitend, unterscheiden: 1) eine den Dotter zunächst bergende, helle, dünne, homogene Hülle, die eigentliche Dotterhaut, vom Ei selbst gebildet, als erhärtende Lage oder Rinde der Zellsubstanz; 2) das dickere, härtere Chorion, durch die Thätigkeit der Epithelzellen, nach Art einer Cuticula aufgelagert; 3) an das eigentliche Chorion anschliessend eine dicke Haut, die auf dem optischen Querschnitt wie aus feinen Härchen zusammengesetzt aussieht, von der Fläche betrachtet dicht punktirt und durchstochen erscheint. Sie wird ebenfalls vom Epithel geliefert, dessen Zellen jetzt gegen das Ei in einen Haarbesatz ausgewachsen sind zeigen. Die Härchen ragen in die fragliche Eischicht, welche zunächst weich ist, hinein. Um die cilienähnlichen Ausläufer der Zellsubstanz wird der von der Zelle abgeschiedene und zur Eihülle werdende Stoff abgesetzt. Nach dem Schwinden der Protoplasmaausläufer bleiben an deren Stelle noch Porenkanäle zurück. 4) Ueber der porösen Hülle liegt eine weiche, homogene, gallertartige Hülle, die eine gefelderte Zeichnung hat. Die Ränder der Felder erscheinen franzenartig umsäumt. 5) Als äusserste Lage lässt sich noch ein heller Saum unterscheiden. — Die Fig. 10, Taf. II bei Leydig (l. c.), welche die Bildung der unter 3 geschilderten dicken Haut illustrirt, zeigt manche Aehnlichkeit mit unseren Figuren 141—145 Taf. VIII. von Marsilia, welche die Bildung des Periniums um die Makrospore vorstellen. Man müsste sich freilich die Zellen des Epithels in der Leydig'schen Figur zu einer continuirlichen Plasmaschicht verschmolzen denken. Weiter lassen sich für den Augenblick die Analogien nicht verfolgen, da Leydig die fragliche Haut als Ausscheideproduct zwischen den Fortsätzen der Epithelzellen entstehen lässt, während wir bei Marsilia das mikrosomenhaltige Plasma der Umgebung direct in die Bildung des Periniums eingehen sahen.

Das Säugethiere¹⁾ besitzt eine verhältnissmässig dicke Hülle, die zona pellucida und innerhalb dieser noch eine zarte Dotterhaut. Letztere ist ihrer Entstehung nach auf das Ei zurückzuführen, erstere hingegen auf die das Ei umgebenden Zellen des Follikels. Dies suchte Pflüger²⁾ zuerst wahrschein-

¹⁾ Vergl. Kölliker, Entwicklung der Menschen und der höheren Thiere 1879, II. Aufl., p. 43.

²⁾ Die Eierstücke der Säugetiere und des Menschen, 1863, p. 80 ff.

lich zu machen und sprach die Ansicht aus, dass die zona pellucida ein Auflagerungsproduct sei, aus verwachsenen, erblassten Zellen der membrana granulosa, oder durch Ausscheidung dieser Zellen, also indirect durch eine Umwandlung ihrer Substanz gebildet. Die zona pellucida entsteht nicht mit einem Mal, sie wird allmälig stärker und breiter. Stets ist ihre innere Oberfläche scharf, ihre äussere unregelmässig. Zuweilen zeigt die zona eine concentrische Schichtung und stets radiäre Streifung. Zu einer gewissen Zeit setzen sich die radiären Streifen in die radiär sich stellenden, gestreckten Zellen der membrana granulosa fort. Die zona würde somit aus dichtgedrängten Stäbchen bestehen, die als abgeschnürte Enden cylindrischer Fortsätze von Epithelialzellen des Follikels aufgefasst werden müssten¹⁾. Auch Waldeyer²⁾ lässt die zona pellucida von aussen aufgelagert werden und so auch E. van Beneden³⁾. Es sei sicher, meint Letzterer, dass die zona pellucida nicht eine Dotterhaut ist, vielmehr zeige ihre Entwicklung, dass sie das Analogon des Chorions, des Eies der niederen Thiere und besonders der Insecten sei. E. van Beneden wiederholt die Angabe Pflüger's, dass der äussere Contour der zona pellucida während deren Bildung unregelmässig und unbestimmt sei, während der innere Contour scharf und deutlich sich zeige, die Entwicklung somit nur von innen nach aussen, nicht umgekehrt fortschreiten könne⁴⁾.

Die complicirtesten Vorgänge spielen sich jedenfalls bei der Hüllenbildung um das Vogelei ab⁵⁾ und dürften zum Theil eigenartige Anpassungen vorstellen. Noch innerhalb des Follikels erhält die nackte Eizelle eine Membran, welche wohl eine Abscheidung der Follikelepithelzellen ist. Ob nach innen sich später eine Dotterhaut bildet, bleibt noch unentschieden. Die weiteren secundären Hüllen erhält das Ei in den Ausführwegen der Geschlechtsapparate. Die Eier werden in dem Eileiter von einer geschichteten Eiweissmasse umgeben, dem Product der Eileiterwandung. Die innerste Schicht der

¹⁾ Pflüger I. c. p. 81.

²⁾ Eierstock und Ei, p. 41.

³⁾ Rech. s. l. comp. et la sign. de l'œuf. 1870, p. 146.

⁴⁾ I. c. p. 147.

⁵⁾ Nach H. Ludwig: Ueber die Eibildung im Thierreiche, 1874, p. 171, 172.

Eiweisslage hat eine grössere Festigkeit und trägt an ihrer äusseren Oberfläche die bekannten Chalazen. Die äusserste Eiweisschicht erhärtet zu der sogenannten Schalenhaut. In dem Uterus genannten Abschnitte des eileitenden Kanals werden die Eier von dem kalkhaltigen Secret der Uterusdrüse umhüllt, aus welchem sich die Kalkschale bildet.

An die Bildung des Chorion schliesst die Anlage und das Wachsthum des Hautpanzers der Arthropoden ganz unmittelbar an¹⁾. Die Haut der Athropoden besteht aus einer äusseren harten Lage der Schale oder Cuticula und aus einer inneren weichen, nicht chitinisierten Matrix. Diese Matrix der Cuticula zeigt entweder eine zellige Zusammensetzung, oder nur Kerne in einer feinkörnigen Substanz. „Die ersten Anfänge solcher homogenen Hautlagen treten dergestalt in die Erscheinung, dass das freie Ende, von nebeneinanderliegenden Zellen sich verdickend, einen hellen Saum erzeugt und indem diese Säume mit einander verwachsen, entsteht eine zarte homogene Membran, der man den Namen Cuticula beigelegt hat und folgerichtig können alle obigen Zellausscheidungen unter den Begriff der Cuticularbildungen gestellt werden²⁾.“

Diese wenigen Beispiele werden genügen, um auf die Punkte hinzuweisen, in welchen Uebereinstimmung zwischen thierischer und pflanzlicher Membranbildung entweder schon gegeben oder doch zu erwarten ist. Die weiteren Untersuchungen mit Berücksichtigung der bei Pflanzen gewonnenen Erfahrungen werden auf thierischem Gebiete sehr erwünscht sein.

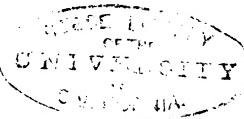
Auf die Uebereinstimmung mancher Vorgänge bei der Scheidewandbildung in sich theilenden Knorpelzellen und in Pflanzenzellen hatte ich schon früher hingewiesen. Es beobachtete nämlich Schleicher³⁾ in den Knorpelzellen der Batrachier, dass concrete Elemente des Zellplasma im Aequator der Zelle sich aneinander legen und verschmelzen, um die neue Scheidewand zu bilden. Auch nach H. Strasser soll bei der Theilung der Knorpelzellen die neue Scheidewand zunächst verdichtetes Protoplasma sein, das allmälig homogen wird⁴⁾. Die Verbindungsfäden, in denen die Zellplatte entsteht, sind

¹⁾ Vergl. Leydig, Naturgesch. der Daphniden, 1860, p. 17.

²⁾ I. c. p. 19.

³⁾ Archiv für mikr. Anat., Bd. XVI, 1879, p. 283.

⁴⁾ Morphol. Jahrb., V. Bd., 1879, p. 310.



specifisch pflanzliche Anpassung, doch hat E. van Beneden¹⁾ einen Fall beschrieben, wo der Vorgang sich entsprechend auch im Thierreich abspielt. Dieser Fall betrifft die Theilung der Dicyemidenkeime und zeigt, dass unter entsprechenden Bedingungen auch für diesen Vorgang die Unterschiede sich verwischen können. Zellplatten ohne Verbindungsfäden sind noch in einigen anderen Fällen von Fol²⁾ und Mayzel³⁾ beobachtet worden.

¹⁾ Bull. de l'Acad. roy. de Belg. 2^{me} Ser., Taf. XLI, Nr. 6 et Taf. XLII, Nr. 7, 1876.

²⁾ Archiv de Zool. exper., Bd. IV, p. 111.

³⁾ Schwalbe's Jahresber., Bd. V, 36.

Die Doppelbrechung der organisirten Gebilde.

Nach der von Naegeli begründeten¹⁾, jetzt herrschenden Vorstellung, röhrt die Doppelbrechung der Stärkekörner und Membranen von krystallinischen Elementen her, die selbst doppelbrechend, optisch zweiaxig sind und so orientirt, dass eine ihrer Elasticitätsachsen senkrecht zur Schichtung gerichtet ist, die beiden anderen in der Ebene der Schichten liegen. Ich selbst sehe mich auf Grund meiner Untersuchungen veranlasst, die Naegeli'sche Micellartheorie und somit auch die Erklärung, die sie von der Doppelbrechung giebt, zu verwerfen. Ich entwickle mir das gegebene dreiaxige Elasticitätsellipsoid aus den in Membranen und Stärkekörnern herrschenden Spannungsverhältnissen und befindet mich, was diesen letzten Punkt anbetrifft, in Uebereinstimmung mit Max Schultze²⁾ und N. J. C. Müller³⁾. Als Hauptargument für die Naegeli'sche Theorie wird stets dessen Angabe wiederholt, dass eine Caulerpa-Membran eine Verlängerung von 42 Procent oder eine Verkürzung von 30 Procent vertragen kann, ohne eine, dem Auge bemerkbare, Änderung in den Interferenzfarben zu veranlassen, während bei einem Glasfaden eine sehr unbedeutende Ausdehnung oder Zusammenziehung genüge, um deutliche optische Veränderungen hervorzurufen. Somit könnte nicht Spannung innerhalb der organischen Gebilde die Ursache der Doppelbrechung sein. Dagegen ist einzuwenden, dass in Stärkekörnern und Membranen die einzelnen Lamellen verschieden gespannt sind, dabei fest mit einander verbunden und dass daher Deh-

¹⁾ Stzbr. d. bair. Akad. d. Wiss. 1862, Bd. I, p. 290.

²⁾ Stzbr. d. niederrh. Gesell. f. Natur- u. Heilkunde in Bonn. 8. Mai 1861.

³⁾ Bot. Unters. IV, 1875, p. 134 und Handbuch der Botanik, Bd. I, 1880, p.122.

nung und Verkürzung innerhalb der möglichen, relativ engen Grenzen nur geringe Änderungen in dem gegenseitigen Verhältniss der Spannung hervorruft. Gegen die Naegeli'sche Theorie spricht entschieden der Umstand, dass die organisierten Körper ihre doppelbrechenden Eigenschaften einbüssen, mit dem Augenblicke, wo ihre Organisation zerstört wird. Jedes auch noch so kleine Stückchen einer Membran oder eines Stärkekornes kann doppelbrechend bleiben, weil ja dieses Stückchen aus zahlreichen Lamellen besteht, die verschieden gespannt und fest mit einander verbunden sind. Auch innerhalb dieses kleinen Stückchens werden somit die Spannungen fortbestehen. Wohl aber schwindet die Spannung und daher auch Doppelbrechung an quellenden Stärkekörnern und Zellhäuten. Dieser Augenblick fällt mit dem Schwinden der Structur mehr oder weniger vollständig zusammen, doch ist es möglich, dass die sichtbare Organisation die Aufhebung der Spannung zunächst überdauert, wie auch, dass die Organisation nicht mehr sichtbar ist, während noch Spuren von Spannung bestehen. Eine Zertrümmerung der Micellen bei jeder Quellung anzunehmen, liegt für uns kein Grund vor, und eben so wenig können wir glauben, dass die zertrümmerten Micellen Richtungsänderungen erfahren, welche das anisotrope Vermögen der Substanz vernichten. Die zertrümmerten Micellen müssten ausserdem als Theilchen von Krystallen doppelbrechend bleiben und durcheinander gebracht, nunmehr depolarisirend wirken¹⁾, was sie jedoch nicht thun. Stärkekörner und Membranen, durch welche Mittel es auch sei, zur Quellung gebracht, beeinflussen, nach vollständiger Aufhebung der Organisation, in keiner Weise mehr den Gang des polarisirten Lichtstrahls; zwischen gekreuzte Nicols gebracht, bleiben sie vollkommen dunkel. Andrerseits können mit den stärkst wirkenden Mitteln behandelte Stärkekörner und Zellhäute doppelbrechend bleiben, wenn nur ihre Structur und somit die inneren Spannungen nicht zerstört worden sind. Tief greifende chemische Umwandlungen der Substanz werden ertragen, wenn nur die Spannungsverhältnisse beharren. So bleibt bekanntlich die Schiessbaumwolle doppelbrechend, so auch die nach bekannten Methoden dargestellten Stärkeskelete.

¹⁾ Vgl. A. Kundt, Ueber Depolarisation. Ann. d. Physik und Chemie. Bd. CXIII, 1864, p. 385.

H. v. Mohl¹⁾ hatte auf den Umstand aufmerksam gemacht, dass Stärkekörner und cuticularisierte Zellhäute einerseits, die meisten nicht cuticularisierten Zellhäute andererseits, unter dem Polarisationsmikroskop nach Einschaltung von Gyps- oder Glimmerplättchen entgegengesetzt vertheilte Farben zeigen. Naegeli erklärt diese Erscheinung aus der verschiedenen Orientirung der Axen grösster Dichtigkeit.

In den unveränderten Stärkekörnern, in den cuticularisierten Membranen, in wenigen einzelligen Algen, schreibt Naegeli²⁾ befindet sich die geringste Aetherdichtigkeit (grösste Elasticität) in der zur Schichtung senkrechten Richtung. Bei den gewöhnlichen Zellmembranen dagegen ist es die Axe der grössten Aetherdichtigkeit (geringste Elasticität), welche die Schichten rechtwinklig durchsetzt. Uebrigens hebt Naegeli selbst hervor, dass im Stärkekorn in der That die Vertheilung der Spannungen eine solche sei, wie sie die optischen Erscheinungen fordern, doch, fügte er hinzu, in der Cuticula herrschen die entgegengesetzten Spannungen und doch hat das Ellipsoid der Aetherdichtigkeit die gleiche Lage wie im Stärkekorn³⁾. Dass in der Cuticula resp. den Cuticularschichten entgegengesetzte Spannungen als im Stärkekorne herrschen sollen, stimmt mit meinen Beobachtungen nicht überein. Hingegen sind in der That in den nicht cuticularisierten Membranen die Spannungsverhältnisse umgekehrt wie im Stärkekorn vertheilt und das bedingt auch die Umkehr der optischen Effecte. Wir sahen, dass ein Stärkekorn sich zu vergrössern, eine Zellhaut sich zu verkürzen strebt: das erstere ist auf Zug, die letztere ist auf Druck gespannt. Thatsächlich verhält sich denn auch optisch das Stärkekorn wie eine an der Peripherie, die Zellhaut wie eine im Inneren wärmere homogene Glaskugel. Eine grössere Uebereinstimmung zwischen entwicklungsgeschichtlich gewöhnlichen Thatsachen und den optischen Erscheinungen ist wohl kaum zu wünschen. Nachträgliche chemische Änderungen innerhalb der Membranen können aber die Spannungsverhältnisse umkehren und dem entsprechend wird dann auch der optische Effect verändert: so bei der Cuticularisirung, von der

¹⁾ Bot. Zeitung 1858, p. 11.

²⁾ l. c. p. 301.

³⁾ l. c. p. 308.

ich schon früher hervorhob, dass sie mit Volumenzunahme verbunden ist. Meist ist die Erscheinung erst an ausgewachsenen Oberhautzellen, doch in einem exquisiten Falle auch an noch wachsenden Oberhautzellen zu beobachten. Die Volumenzunahme der Cuticularschichten bringt ähnliche Erscheinungen wie im Stärkekorn das Verhalten der an ihrer Ausdehnung verhinderten Lamellen hervor.

Sehr instructiv ist es, diese Umkehr der Spannungsverhältnisse entwicklungsgeschichtlich zu verfolgen. Querschnitte durch verschieden alte Blätter, oder verschieden alte Stellen eines im Wachsthum begriffenen Blattes von *Phormium tenax* zeigen sie sehr schön. Zunächst präsentirt sich, bei unveränderter Lage der Gypsplättchen und stets gleicher Orientirung der Schnitte, die noch unverdickte, im Wachsthum begriffene Oberhaut an ihrer Aussenseite in nur einer und zwar nach v. Mohl's Bezeichnung¹⁾, in negativer Farbe. An der ausgewachsenen und verdickten Oberhaut lässt sich dann ein Augenblick fixiren, in welchem die äusseren Lamellen der Aussenwandung fast gar nicht auf polarisiertes Licht reagiren; dann, wo über den Längswänden sich die positive Färbung zeigt und von hier aus verbreitend, mit steigender Intensität über die ganze Wandung greift. Im fertigen Zustande ist der cuticularisirte äussere Theil der Aussenwand complementär zu dem nicht cuticularisirten, inneren gefärbt. Diese Erscheinungen lassen sich auch an aufeinanderfolgenden Flächenbildern verfolgen. Wir wissen aber, dass die Membranen durch Apposition neuer Lamellen von innen wachsen und dass somit dieselben Schichten, die zuvor negativ sich färbten, es sind, welche allmählich die positive Farbe annehmen. Durch Umkehrung der Spannungsverhältnisse, in der geschilderten Weise, ist diese Erscheinung leicht zu erklären, nicht so mit Hilfe der Micellartheorie, welche einen Austausch der Elasticitätsachsen an den Micellen so alter Schichten annehmen müsste. Die Möglichkeit der Umkehrung der Spannungen bei Cuticularisirung zeigt, dass die Elasticitätsgrenze der äusseren Lamellen während des Längenwachsthums überschritten werden musste, denn die negative Spannung innerhalb dieser Theile konnte nur gering sein, um

¹⁾ l. c. p. 11.

durch so schwache Volumenzunahme in positive Spannung übergeführt zu werden.

Noch instructiver ist das Verhalten der Epidermis an den Stammtheilen von *Viscum album*. Die cuticularisirte Aussenseite der Epidermiszellen zeigt sich in der Complementärfarbe der nicht cuticularisirten Innenseite. Durch weitere Streckung der Cuticularschichten bei Dickenwachsthum des Stammes werden sie wieder in die Farbe der Innenseite übergeführt. Die Flächenzunahme durch Cuticularisirung ist somit zunächst stärker als die Dehnung durch Dickenwachsthum des Stammes, die Lamellen sind positiv gegen nächst innere gespannt, dann gehen sie bei fortgesetzter Dickenzunahme des Stammes wieder in negative Spannung über. Ist beispielsweise in bestimmter Lage des Schnittes (gekreuzten Nicols und Einschaltung eines Gypsplättchens, roth I. Ordnung) die Innenseite der Epidermiszellen gelb, so erscheint die Aussenseite in den inneren Lagen blau, in den äusseren, theilweise gesprengten, wieder gelb. Diesen Fall musste ich besonders hervorheben, weil er zeigt, dass die Verschiedenheit des optischen Verhaltens auch nicht an chemische Differenzen gebunden ist, wie es v. Mohl¹⁾ meint. Die cuticularisirten Epidermislagen können somit wieder zu negativer Färbung übergehen. Letztere wird durch die Sprengung der Schichten nicht geändert, weil die Lamellen fest adhäriren. Diese Färbung wird aber durch die Sprengungen nicht mehr geändert, weil die fest adhärienden Lamellen sich nicht von einander trennen können.

Die Pollenkörner zeigen das gleiche optische Verhalten, wie nicht cuticularisirte Membranen, ungeachtet ihr Exinium stark cuticularisirt ist. Hier hängt die Erscheinung mit ähnlichen Ursachen, wie sie bei *Viscum* in den äusseren Theilen der cuticularisirten Aussenwand gegeben sind, zusammen; die cuticularisirte Haut wird stark gedeht und bleibt daher, trotz Cuticularisirung, in negativer Spannung.

Das optisch positive Verhalten der Korkzellen würde sich ebenfalls aus dem von v. Höhnel²⁾ geschilderten Bau derselben erklären. Jede Korkzellwand, die zwei Zellen angehört, mit Ausnahme einiger dünnwandiger Coniferenkorke, besteht näm-

¹⁾ l. c. p. 10.

²⁾ Stzbr. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien. 8. Nov. 1877.

lich, nach v. Höhnel, aus fünf Lamellen, einer mittleren Mittel-lamelle, die gewöhnlich aus stark verholzter Cellulose besteht, zwei sich daran schliessenden, aus mehr oder weniger stark ver-korkter Cellulose bestehenden Suberin-Lamellen und endlich zwei Cellulose-Lamellen, welche unmittelbar an die Zellumina grenzen und aus einer mehr oder weniger stark verholzten Cellulose bestehen. — Da nun anzunehmen ist, dass auch in den Korkzellen die cuticularisirenden Lamellen an Flächen-ausdehnung zunehmen, so erklärt sich hieraus, wie für die cuticularisirte Aussenseite der Oberhautzellen, das positive Verhalten: die inneren Cellulose-Lamellen sind im Verhältniss zu den äusseren, verkorkten negativ gespannt.

Die Membran der *Caulerpa* verhält sich, wie v. Mohl zeigte, optisch positiv, stimmt somit mit den Stärkekörnern überein. Es wird dies durch ein Wachsen der negativen Spannung von aussen nach innen, wie bei Stärkekörnern, bedingt. Wird ein Stück *Caulerpa*-Rhizom longitudinal, über kreuz aufgeschlitzt, so krümmen sich die Theile nach innen; bei optisch negativen Zellen nach aussen. Es liegt somit bei *Caulerpa* eine Flächen-zunahme der Lamellen nach aussen vor, welche, wie bei Cuticularisirung, mit einer bestimmten chemischen Metamor-phose wohl in Verbindung steht und dem Einfluss der Um-gebung eventuell zuzuschreiben ist. Diese Flächenzunahme liefert höhere Werthe als sie von dem Längen- und Dickenwachsthum, die nach begonnener Verbindung relativ nur gering sind, gefordert werden.

Umgekehrt kann man bei *Gloeocapsa polydermatica* unter gleichen Bedingungen feststellen, dass die Farbenver-theilung mit derjenigen nicht cuticularisirter Gewebezellen übereinstimmt. Es ist klar, dass hier jede äussere Lamelle negativ im Verhältniss zu jeder inneren gespannt ist. Der optische Effect ist hier übrigens ein relativ geringer, weil die Membranen gequollen sind, mit sinkender Dichte der Substanz die Doppelbrechung aber abnimmt.

An Querschnitten durch dicke Stämmchen von *Bry-opsis* sieht man dieselbe Vertheilung der Farben wie bei *Caulerpa*; doch kehren sich dieselben in einer äussersten Schicht um. Diese äusserste Schicht entspricht jedenfalls der primären Wandung vor Beginn der Verdickung und hat negative Span-nung behalten.

Die Verdickungsschichten der Markzellen von *Clematis vitalba* bleiben zunächst bei der Quellung in Schwefelsäure doppelbrechend, doch nimmt die Doppelbrechung mit der Quellung ab. Sie schwindet, nachdem die Schichten einseitig aufgesprungen sind und sich getrennt haben, ungeachtet die Grenzhäutchen noch zu sehen sind, somit nicht alle Structur verschwand.

Bei der Quellung der stark verdickten Sclerenchymzellen der *Araucaria* in Schwefelsäure bemerkt man, dass die Doppelbrechung sich am längsten an der Adhäsionsfläche der Schichten hält.

Aehnlich, wie schon Max Schultze¹⁾ und später N. J. C. Müller²⁾ habe auch ich künstliche Membranen dargestellt. Am besten gelang mir eine solche aus Hühnereiweiss und soll hier allein zur Sprache kommen. Ich verdünnte das Eiweiss mit zwei Theilen Wasser und tauchte abwechselnd in dasselbe und in absoluten Alcohol einen Objectträger ein. Das Eintauchen in die Eiweisslösung wurde möglichst rasch vollzogen, das Abtropfen der Lösung abgewartet und hierauf die Platte eine Zeitlang der Einwirkung des Alcohols ausgesetzt. Ich erhielt auf diese Weise um den ganzen Objectträger, an einander fest adhärende, coagulirte Eiweisslamellen, die sehr regelmässig geschichtete Häute bildeten. Es gelang mir, Membranen herzustellen, die bis 200 Lamellen zählten und wo die einzelnen Lamellen, in Gelatin-Glycerin gemessen, eine Dicke von nur 0,002 mm besassen. Solche Häute waren einer Caulerpa-Membran zum Verwechseln ähnlich. Die Adhäsionsflächen markirten sich in derselben scheinbaren Dicke wie dort und hätten für dichtere Lamellen gehalten werden können. Einzelne Grenzlinien traten schärfer hervor, stellenweise war die Schichtung nur schwer zu sehen, alles Erscheinungen wie sie die Zellmembranen nicht anders bieten. Unter dem Polarisationsmikroskop bei Einschaltung von Glimmerplättchen zeigten schwach gequollene Häute dieselbe Vertheilung der Additions- und Substractions-Farben wie eine nicht cuticularisirte Zellmembran. Beim Biegen der Haut traten, zum Unterschied von der Zell-

¹⁾ Stzbr. der niederrh. Gesell. f. Natur- und Heilkunde in Bonn, 8. Mai, 1861.

²⁾ Vergl. Handbuch, p. 150.

haut, Farbenänderungen ein, aussen negativ, innen positiv, weil hier die gegenseitige Spannung der Lamellen nicht durch Structurverhältnisse fixirt ist. Bei scharfer Biegung werden in den stark gedehnten Aussenschichten feine radiale Risse in grösserer oder geringerer Regelmässigkeit sichtbar, sie entsprechen denjenigen radialen Rissen, die sich auch in den dichteren Theilen quellender Stärkekörner in Folge von Spannungsverhältnissen bilden.

Dieselben Erscheinungen wie an der geschichteten Eiweiss-haut waren auch an käuflicher Gelatine zu beobachten. Schmale Streifen, aus dieser geschnitten, zeigten sich, nach zweistündigem Quellen in kaltem Wasser, unter dem Polarisationsmikroskope positiv gefärbt; durch Zug an beiden Enden des Streifens war die negative Färbung zu erreichen, welche der positiven wich, wenn der Zug aufhörte. Durch Zug und Biegung gespannte Gelatine-streifen behalten, unter sonst constant bleibenden Bedingungen, die Spannung unverändert, selbst tagelang, die Substanz ist somit im Zustand schwacher Quellung sehr elastisch.

Werden aber zarte Querschnitte in kaltes Wasser unter das Polarisationsmikroskop gebracht und während der Beobachtung etwas erwärmt, so quillt der dünne Schnitt sehr stark auf, während seine Färbung schwindet.

An Schnitten durch Tragantgummi in Alcohol kann man leicht die noch organisirten Theile der Zellwände mit Hilfe des Polarisationsmikroskops erkennen. Die desorganisirten Theile sind optisch unwirksam. Die in der Masse zerstreuten Stärkekörner zeichnen sich deutlich durch ihr Kreuz aus; sie können hierauf entsprechend mit Jod nachgewiesen werden.

Gummi arabicum zeigt an trocken untersuchten Bruch-stücken nur vereinzelt schwache Doppelbrechung.

An Kieselsäuregallerte war es weder durch Druck noch Zug möglich, irgend welchen optischen Effect zu erzielen. Die Substanz zeigte sich in kleineren Stücken auch völlig unelastisch.

Andererseits giebt Traube an, dass auch die Membranen aus B-Leim-Gerbsäure das Licht polarisiren¹⁾.

Das Elasticitäts-Ellipsoid, wie es für die Stärkekörner und Membranen sich aus der Beobachtung ergiebt, gilt auch für grosse Gewebecomplexe, sobald diese ähnliche Spannungsverhältnisse

¹⁾ Bot. Zeitung, 1875, Sp. 59.

besitzen. In einem dicotylen Stamme tritt uns beispielsweise die gegenseitige Spannung in ähnlicher Vertheilung als wie in einer fortwachsenden cylindrischen Zelle entgegen und war ich schon einmal in der Lage, die Vorgänge, welche sich innerhalb einer an Grösse zunehmenden Zelle abspielen, mit denjenigen eines wachsenden Stammes zu vergleichen. Besteht aber für eine physikalische Eigenschaft ein Unterschied nach den räumlichen Richtungen, so gilt er im Allgemeinen auch für die andern, und so tritt uns denn im dicotylen Holze eine verschiedene Leistungsfähigkeit für Wärme, Elektricität und Schall entgegen, die ein dreiaxiges Ellipsoid von gleicher Lage gibt¹⁾.

Die Proteinkristalle verhalten sich in ihren optischen Eigenschaften wie andere Krystalle. Die regulären Protein-kristalle sind isotrop, die Elasticität des Aethers in denselben nach allen Richtungen gleich. Die nicht regulären Eiweiss-kristalle sind doppelbrechend, oft sehr schwach, meist positiv, selten negativ. Durch ihre mit dem krystallisierten Zustande verbundenen Eigenschaften unterscheiden sich die Protein-kristalle von den Stärkekörnern und den Zellhäuten, mit welchen sie in den, den Colloiden als solchen gemeinsamen Charakteren übereinstimmen.

Von den Stärkekörnern und Membranen ausgehend, wurde versucht den Aufbau aus krystallinischen, doppelbrechenden „Micellen“ auch auf das Protoplasma zu übertragen. Doch sollten in letzterem die krystallinischen Elemente zerstreut sein und daher ein Gesammeffect der Doppelbrechung nicht erzielt werden. Nach dem früher für die gequollenen Stärkekörner Gesagten, müssten aber solche, aus zerstreuten, doppelbrechenden Elementen aufgebaute Massen depolarisirend wirken, eine Eigenschaft, welche dem Protoplasma nicht im geringsten Grade zukommt.

Der Molekularbau der organisirten Gebilde.

Bekanntlich lautet die Hypothese von Naegeli über den Bau organisirter Substanzen folgendermassen: die organisirten Substanzen bestehen aus krystallinischen, doppelbrechenden (aus

¹⁾ Vgl. Pfeffer, Physiol., Bd. I, p. 18; Wiesner, Elemente d. Anat. u. Phys. d. Pf., p. 38.

zahlreichen Molekülen zusammengesetzten) Micellen, die lose, aber in bestimmter regelmässiger Anordnung nebeneinander liegen. Im befeuchteten Zustande ist, in Folge überwiegender Anziehung, jedes mit einer Hülle von Wasser umgeben; im trockenen Zustande berühren sie sich gegenseitig. In der organisierten Substanz ist demnach eine doppelte Cohäsion vorhanden; die eine verbindet die Moleküle zu Micellen, in gleicher Weise, wie dieselben sonst zusammentreten, um einen Krystall zu bilden; die andre vereinigt die Micellen.

Diese Hypothese von Naegeli ist abstrahirt aus den doppelbrechenden Eigenschaften der Zellhäute und Stärkekörner und aus den Quellungserscheinungen. Ausserdem sollen uns die Schichten und Streifen der Membranen und Stärkekörner die zuverlässigsten Anhaltepunkte über die Anordnung der Micellen in Schichten und Reihen geben.

Hingegen glauben wir annehmen zu müssen: dass die doppelbrechenden Eigenschaften der Stärkekörner und Zellhäute auf Spannungsverhältnissen beruhen, dass die Quellungsrichtungen durch einen bestimmten anatomischen Aufbau bedingt werden; dass die Schichtung eine Folge des Appositionswachstums ist, die Streifen aber in dieselbe Kategorie wie sonstige Arten der Wandverdickung gehören.

Nach Naegeli wachsen die organisierten Körper durch Intussusception, indem Wasser und gelöste Stoffe zwischen die Micellen dringen, neue Micellen sich zwischen den vorhandenen bilden, oder die vorhandenen durch Auflagerung von Substanz vergrössert werden.

Wir fanden hingegen, dass die organisierten Körper, soweit es sich um Zunahme der organisierten Masse handelt, nur durch Apposition wachsen. Flächenausdehnung findet durch Dehnung statt. Anderweitige Volumenzunahme beruht auf Quellung, die mit Infiltrationen und Incrustationen aller Art verbunden sein kann.

Sind meine Angaben richtig, so ist Naegeli's Micellarhypothese nicht zu halten. Die Stützen welche dieselbe auf dem organisierten Gebiete zu haben meinte, wären hinfällig geworden und wir müssten uns nach neuen Grundlagen für eine Molekularhypothese über den Bau organisirter Körper auf dem Gebiete der Physik und Chemie umsehen. Vorerst hatten wir aber von der Vorstellung der Micellen und Micellarver-

bände, wie sie Naegeli neuerdings entwickelte, als auf organisirtem Boden ausschliesslich erwachsen, abzusehen, und brauchten daher im Text absichtlich nur noch die dem Gebiete der Chemie und Physik entlehnte Bezeichnung der Molekel.

Die organisirten Substanzen sind Colloide, doch ist „colloidal“ und „organisirt“ für mich nicht identisch. Die Colloide sind an sich nicht organisirt, sie werden organisirt durch die Thätigkeit des Organismus. Deshalb stimme ich nicht mit Pfeffer überein, wenn er behauptet¹⁾: „Organisirt nennen wir Körper bestimmter physikalischer Eigenschaften halber, gleichviel ob sie in einem lebendigen Organismus gebildet sind oder nicht und ob sie organische oder anorganische Verbindungen vorstellen.“ So zählen nach Pfeffer zu den organisirten Körpern auch das von Wagner und Tollens als Nebenproduct erhaltene, in hohem Grade quellungsfähige Acrylcolloid, sowie die Niederschlagsmembranen aus Ferrocyan kupfer, Eisenoxydhydrat und anderen Körpern. An einer anderen Stelle²⁾ heisst es bei Pfeffer: „die quellungsfähigen Körper — sie werden organisirte Körper genannt — . . .“ und weiter: „es muss stets mit Bezug auf das umgebende Medium entschieden werden, ob ein Körper organisirt ist oder nicht.“ So werde Quittenschleim und arabisches Gummi durch Wasser in Lösung übergeführt, während sie in entsprechend verdünntem Alcohol nur begrenzt aufquellen und hiernach organisirt sind. „So sei auch der innerhalb der lebendigen Zelle nur begrenzter Quellung fähige Protoplasmakörper ein organisirter Körper.“

Für mich sind organisirt und begrenzt quellungsfähig durchaus verschiedene Begriffe und halte ich Gummi arabicum in verdünntem Alcohol für ebenso desorganisirt als in Wasser.

Organisirt ist für mich somit ein Colloid erst dann, wenn es eine durch die specifische Thätigkeit des Organismus bedingte Structur besitzt. Somit sind die Stärkekörner organisirt, nicht die Eiweisskrystalle, deren Bildung unter die allgemeinen Gesetze der Krystallisation fällt, und daher auch ausserhalb des Organismus erfolgen kann. Es sollen damit nicht specifische Kräfte im Organismus statuirt werden, sondern nur Combinationen von Kräften, wie sie ausserhalb des Organismus

¹⁾ Pflanzenphysiologie I, p. 13, auch Osmot. Unters., p. 151.

²⁾ l. c. p. 10.

nicht gegeben sind. Dass es jemals gelingen sollte, organisierte Körper wirklich künstlich darzustellen, dazu sind die Aussichten jedenfalls gering. Wie wir sahen, ist alle Organisation an die Existenz des Protoplasma gebunden und kommen nur diesem organisirende Kräfte zu. Zunächst müsste somit die künstliche Darstellung von activem Albumin, d. h. von lebenden Eiweisskörpern ausserhalb der Organismen gelingen, und auch diese Möglichkeit liegt noch in weiter Ferne. Die Hoffnung auf künstliche Darstellung von Stärkekörnern war nur möglich, weil man deren Verhältniss zum erzeugenden Protoplasma nicht kannte. Sobald feststeht, dass die Stärke-, wie die Cellulose-Lamellen, directe Spaltungsproducte des Protoplasma sind, und dass deren Structur durch die Structur des Protoplasma bestimmt wird, erscheint die Aufgabe der künstlichen Stärkekörnerbildung in einem ganz anderen Lichte. Andererseits legt die Entwicklungsgeschichte der Stärkekörner und Zellmembranen es nahe, die künstliche Darstellung von nicht organisirten Kohlehydraten aus Eiweiss zu versuchen, wie denn auch Loew und Bokorny¹⁾ hervorheben: es sei der Nachweis der Bildung von Glycogen und Milchzucker im Thierkörper nach reiner Eiweissfütterung gelungen, und habe ferner Schützenberger während seiner Untersuchungen über die Einwirkung von Aetzbaryt auf Eiweiss unter andern einen dextrinartigen Körper isoliren können.

Die Colloide, die zum Aufbau der organisirten Körper verwendet werden, sind quellungsfähig; in dieser Eigenschaft unterscheiden sie sich von den meisten andern organischen, nicht in den Aufbau der Organismen eingehenden und den sämmtlichen anorganischen Colloiden. Dass die am Aufbau betheiligten Colloide unabhängig von ihrer Organisation quellungsfähig sind, zeigt die vorhin angeführte begrenzte Quellungsfähigkeit des arabischen Gummi in entsprechend verdünntem Alcohol; des dialysirten, bei 100° getrockneten Gummi in Wasser²⁾; der käuflichen Gelatine in kaltem Wasser; des Kautschuks in Alcohol und Aether u. s. w. Auffallend ist, dass fast alle der begrenzten Quellung fähigen Körper organisirten Ursprungs sind; das von Claus dargestellte Chlor-

¹⁾ Die chemische Ursache des Lebens, 1881, p. 28.

²⁾ Graham, Ann. d. Ch. u. Ph., Bd. 121, 1862, p. 57.

hydrinimid¹⁾, das in heißem Wasser sehr bedeutend quillt, so wie die von Wagner und Tollens²⁾ als Nebenprodukte der Darstellung von β -Monobromacrylsäure gewonnenen Acrylcolloide, die in Wasser eine lockere Gallerte bilden, scheinen hier die ersten Ausnahmen zu sein. Nach Wagner und Tollens unterscheiden sich die Acrylcolloide von der Formel des Traubenzuckers nur durch Mindergehalt von vier Atomen Wasserstoff und nähern sich in ihrem Verhalten dem Pflanzenschleime. — Die anorganischen Colloide scheinen nicht quellungsfähig zu sein, d. h. es geht ihnen die Fähigkeit ab, durch Aufnahme von Wasser, oder einer anderen Flüssigkeit, das Volumen innerhalb bestimmter Grenzen zu verändern. Es muss nämlich zwischen gallertartig und quellungsfähig durchaus unterschieden werden. Die anorganischen Colloide sind aber nur gallertartig. Bei ihrer Bildung nehmen sie je nach Umständen eine grössere oder geringere Menge Wasser auf, die aber nicht nachträglich durch Quellung vergrössert wird und die durch Druck oder Verdunstung entfernt, nicht wieder ersetzt werden kann. Gallertartige Kieselsäure, mit der ich experimentirte, nach der Darstellung schwach comprimirt und so eines Theiles ihres Wassers beraubt, nahm auch nach tage langem Liegen in Wasser an Gewicht nicht zu³⁾.

Graham hat zwischen Krystalloïden und Colloïden bekanntlich auf Grund der verschiedenen Krystallisationsfähigkeit und Diffusionsfähigkeit unterschieden. Die Krystalloïde sind die Klasse der diffusionsfähigen Substanzen, charakterisiert durch die Tendenz, sei es für sich, sei es in Verbindung mit Wasser, zu krystallisiren. Die Colloïde haben nach Graham schwache Diffusionsfähigkeit und ihre Tendenz zu krystallisiren ist Null oder nur schwach⁴⁾. Wir kennen jetzt freilich Colloïde welche

¹⁾ Ann. d. Ch. u. Ph., Bd. 168, 1873, p. 90.

²⁾ Ebendas. Bd. 171, 1874, p. 355.

³⁾ Die Angabe von Maschke, dass zwischen Fliesspapier mit der Hand stark ausgepresste Kieselsäure im Wasser wieder aufquillt, ist nicht richtig (Pogg. Ann., 1872, p. 105). Wohl aber ist lufttrocknes, fein vertheiltes Hydrat, noch mehr die über Schwefelsäure und bei 100° getrocknete Säure von sehr lockerer Beschaffenheit, stark hygroskopisch; sie zieht begierig Wasser an und entwickelt beim Befeuchten mit Wasser Wärme.

⁴⁾ Pogg. Ann., Bd. 114, 1861, p. 187.

krystallisiren: so Albuminate und Amylodextrin¹⁾ und soll nach Naegeli unter Umständen Eiweiss durch Membranen der Hefezellen diosmiren können²⁾. Den Hauptunterschied zwischen Krystalloïden und Colloïden möchte Naegeli in dem Aufbau der ersten aus Molekeln, der letzteren aus Micellen erblicken³⁾. Da aber die ursprünglichen Grundlagen für Annahme von Micellen für uns geschwunden sind, so sehen wir uns veranlasst, auf die Graham'schen Definitionen mit entsprechender Einschränkung zurückzugehen. Hauptsächlich ist es die den Colloïden abgehende Fähigkeit, durch Membranen zu diosmiren, welche auf einen von den Krystalloïden abweichenden molekularen Bau derselben hinweist.

Die Chemiker trennen bekanntlich scharf die Begriffe von Atom und Molekel. Dank den Arbeiten von Clausius ist eine vollkommene Uebereinstimmung dieser Begriffe auf chemischen und physikalischen Gebieten erzielt worden. Die molekularen Hypothesen haben sich dem zu Folge zu einer wissenschaftlichen Theorie entwickelt, deren Wahrscheinlichkeit fast an Sicherheit grenzt.

Ausser den aus mindestens zwei Atomen gebildeten Molekeln sahen sich die Chemiker vielfach veranlasst, auch noch Molekularadditionen als nächst höhere chemische Einheiten anzunehmen.

In Molekularadditionen, schreibt Kekulé⁴⁾, ist die Anziehung, welche ein in der einen Molekel befindliches Atom von denen in der anderen erfährt, schwächer als die Kräfte, durch welche es an seiner Stelle gehalten wird und findet daher eine Umsetzung nicht statt. Die Anziehungen sind also nicht stark genug, um einen wechselseitigen Austausch der Atome hervorzurufen, wohl aber, um die Molekeln in gegenseitiger Annäherung festzuhalten,

¹⁾ Naegeli, Theorie der Gährung, p. 98, führt andererseits den Fruchtzucker an als ein Krystalloid, welches diosmirt aber nicht krystallisiert, doch gelang es inzwischen Jungfleisch und Lefranc (Comptes rend. 1881, Bd. XCIII, p. 547), den Fruchtzucker (Levulose) in feinen Krystallnadeln zu erhalten, die meist um einen gemeinsamen Mittelpunkt gruppirt, kugelige Gruppen bildeten.

²⁾ Theorie der Gährung, 1879, p. 97.

³⁾ Ebendas. p. 98.

⁴⁾ Lehrb., Bd. I, p. 145, u. Lothar Meyer, Die modernen Theorien der Chemie, 4. Aufl., 1880, p. 375.

also eine Art Verbindung der Molekülen, eine Molekularaddition, zu bewirken.

Während ein Theil der Chemiker den Molekularadditionen eine sehr weite Ausdehnung giebt, möchte ein anderer Theil dieselben eingeschränkt, ja oft ganz verworfen sehen. In der That ist es schwer, die Molekularadditionen sowohl gegen die Atomverkettungen als auch gegen sog. physikalische Vereinigungen abzugrenzen¹⁾. Dieselben Verbindungen, die der eine Chemiker für unzweifelhaft atomistisch hält, erklärt der andere für unzweifelhaft molekular. Andererseits stehen molekulare Verbindungen, wie z. B. die durch Aufnahme von Krystallwasser durch ein Salz gebildeten, oft im engen Zusammenhange mit der Auflösung desselben im Wasser, also mit einem sog. physikalischen Vorgang. Es mögen überhaupt die atomistischen, molekularen und physikalischen Vereinigungen nur verschiedene Wirkungen einer den Atomen innenwohnenden Kraft sein, so wie es schon Berthollet²⁾ annahm, dann Kekulé³⁾ vornehmlich zu entwickeln suchte. Es werden zu den Molekularadditionen vor Allem die Verbindungen der verschiedenen Stoffe mit Krystallwasser gerechnet⁴⁾, manche Doppelsalze, sowie überhaupt die durch Zusammenkrystallisiren nach bestimmten stöchiometrischen Verhältnissen aus verschiedenen Stoffen entstehenden Vereinigungen, in welchen die Eigenschaften der Componenten ziemlich ebenso unverändert bleiben, wie in den Mischungen nach wechselnden Verhältnissen, der Lösung, Absorption u. s. w., welche man als physikalische Vereinigungen im Gegensatz zu den chemischen Verbindungen nach stöchiometrischen Verhältnissen zu bezeichnen pflegt⁵⁾. — Wichtige Thatsachen sprechen übrigens dafür, dass schon bei der Condensation eines Gases oder Dampfes die

¹⁾ Vergl. Lothar Meyer, I. c. p. 305, 316, 320, 374, 375 u. A.; auch Naumann, Handb. d. allg. u. physikal. Chemie, 1877, p. 80.

²⁾ Essai de statique chimique, Paris an XI, 1803.

³⁾ Lehrb. d. org. Chemie, Bd. I, 1861, p. 142, 145 u. A. zusammengefasst in Compt. rend. 1864, T. 58, p. 510; u. Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie, Bonn 1878, p. 23.

⁴⁾ Auf der russ. Naturforschervers. in Kiew suchten übrigens Markownikoff und Mendelejeff zu zeigen, dass das Krystallwasser nicht streng von dem Hydratwasser getrennt werden könne. Vergl. Bericht d. deut. chem. Gesell. zu Berlin, Bd. IV, 1871, p. 931.

⁵⁾ Lothar Meyer, I. c. p. 374.

Vereinigung mehrerer Moleküle zu einer höheren Einheit erfolgen kann.

So liegt es auch nahe, die verschiedene Diffusionsgeschwindigkeit der Stoffe mit Molekularadditionen in Zusammenhang zu bringen, denn die schneller diffundirenden Stoffe verbrauchen fast ausnahmslos bei der Auflösung eine grössere Wärmemenge als die langsam diffundirenden und deutet somit die grössere Lösungswärme auf eine weiter gehende Vertheilung der Substanz hin. Fast ausnahmslos diffundiren die Salze unvergleichlich viel langsamer als die Säuren, durch deren Neutralisation sie entstehen, was sich auch am einfachsten durch die Annahme einer Zusammenlagerung mehrerer Moleküle zu einer einzigen erklären lässt¹⁾.

In vielen Fällen liegt auch der Grund langsamerer Diffusion der Salze in der Verbindung mit einer gewissen Quantität Wasser, die in der Regel mit dem Krystallwasser übereinstimmt. So wurde vornehmlich durch Pfaundler²⁾ und Rüdorff³⁾ sehr wahrscheinlich gemacht, dass die Verbindung mit Krystallwasser in der Regel den festen Aggregatzustand überdauert und innerhalb gewisser Grenzen in der Lösung fortbesteht.

Auf solche indirekte Schlüsse in Betreff der Molekularadditionen sind wir angewiesen, da wir für die Bestimmung der Molekularmasse der festen und flüssigen Stoffe bis jetzt kein Mittel besitzen, was der Avogadro'schen Hypothese gleichwertig wäre. Es existiren übrigens, und das ist wichtig, manche Stoffe, welche auch innerhalb des Gas- oder Dampfzustandes je nach der Temperatur verschiedene Molekulargewichte besitzen: so der Schwefel, die Essigsäure, u. s. w. und zwar entspricht das grössere Molekulargewicht immer der niedrigeren Temperatur und lässt sich durch Erhöhung der Temperatur in das kleinere verwandeln⁴⁾.

Nach alledem könnte man die Hypothese, dass die Colloide grössere zusammenhängende Aggregate von Molekülen besitzen,

¹⁾ Ebendas. p. 316.

²⁾ Pogg. Ann. 1861, Bd. 144, p. 63; 1862, Bd. 116, p. 55; 1872, Bd. 145, p. 599. Vergl. auch Naumann, l. c. p. 480.

³⁾ Sitzbr. der k. Akad. d. Wiss. in Wien, 1871, Bd. LXIV, p. 240; Bericht d. deut. chem. Ges., 1871, p. 775.

⁴⁾ Lothar Meyer, l. c. p. 305. Naumann, l. c. p. 232, 292, 294.

und dass diese ihre geringe Diffusibilität bedingen, als wissenschaftlich berechtigt auffassen.

Andererseits lässt sich aber auch die Hypothese rechtfertigen, welche die Colloide atomistisch und nicht molekular aufbaut. In diesem Sinne spricht sich selbst Kekulé¹⁾, der Verfechter der Molekularadditionen, aus: „Die Hypothese vom chemischen Werthe,“ schreibt er nämlich, „führt weiter zu der Annahme, dass auch eine beträchtlich grosse Anzahl von Einzelmolekülen sich durch mehrwertige Atome zu netz-, und wenn man so sagen will, schwammartigen Massen vereinigen können, um so jene der Diffusion widerstrebenden Molekularmassen zu erzeugen, die man, nach Graham's Vorschlag, als colloidal bezeichnet“. Kekulé knüpft hiermit an eine von Pflüger²⁾ entwickelte Hypothese an, der zufolge die Eiweissmoleküle durch Polymerisirung in infinitum wachsen und so grosse, schwere Massen bilden können.

Auch Naegeli war in letzter Zeit für Gallerte, die nur wenig Procente Substanz enthält, zur Annahme von Ketten und Balkengerüsten gekommen, doch lässt er nicht Atome oder Moleküle, sondern Micellen sich aneinander hängen. Verglichen wird der Vorgang mit dem Verhalten der Spaltpilze, wenn letztere, aus Mangel an Eigenbewegung, in einer Flüssigkeit sich zu Verbänden an einander legen. Die Flüssigkeit erhalte dann auch wie Micellarlösungen ein opalisirendes Aussehen, sie werde schleimig und fadenziehend. Dies gebe die Berechtigung, die nämlichen Wirkungen bei den viel kleineren Micellen aus analogen Ursachen herzuleiten³⁾.

Im Anschluss an das vorhin entwickelte nehme ich in den Colloiden eine Verknüpfung der Einzelmoleküle durch mehrwertige Atome an. Diese Annahme hat vor derjenigen einfacher Molekularadditionen den Vorzug, weil sie die mehrwertigen Atome zu netzförmiger Verknüpfung der Moleküle verwerthen kann und so einen molekularen Bau ergiebt, der eine einheitliche Erklärung vieler an Colloiden beobachteten Erscheinungen zulässt. Im Uebrigen beansprucht sie auch

¹⁾ Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie, 1878, p. 22. Diese Stelle wurde von Kolbe auf das heftigste angegriffen (Journ. f. prakt. Chemie, 1878, Bd. 17, p. 152), woraus hervorgeht, wie verschieden der Standpunkt auf diesem Gebiete noch sein kann.

²⁾ Archiv f. d. ges. Physiol., Bd. X, 1875, p. 307.

³⁾ Theorie der Gährung, p. 102 u. 104.

nichts weiter, als den Werth einer Hypothese, die vorläufig die einheitliche Behandlung gewisser Phänomene gestatten soll und die auf die Erfahrungen der heutigen Chemie sich stützen kann. Dieselbe scheint mir zum Mindesten eben so berechtigt zu sein, als es die Naegeli'sche Hypothese war, so lange sie auf gewisse, für wohl begründet gehaltene Erscheinungen an Organismen sich glaubte stützen zu können.

Die Bindung der Moleküle durch chemische Affinitäten lässt das einheitliche Zusammenwirken grösserer Massen lebender Colloidsubstanz begreiflicher erscheinen. Die Bindung ist innerhalb des lebenden Colloids sehr labil, viel stabiler in den leblosen Colloiden.

Die netzförmige Verkettung der Moleküle ergibt elastische oder unelastische, dem entsprechend quellungsähnliche oder nicht quellungsähnliche Massen, je nachdem die Moleküle innerhalb ihrer Gleichgewichtslage verschiebbar sind oder nicht. Die Maschen des Netzes sind mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit erfüllt. Von der Grösse der Maschen hängt die Menge des vorhandenen Wassers ab, soweit nicht durch die Kraft der Imbibition die Moleküle auseinander gedrängt werden können, d. h. Quellung eintritt. Die Quellung ist nur intermolekulare Capillarität, Capillarattraktion innerhalb der intermolekularen Maschen. Für Kieselsäurehydrat ist die beim Erstarren der Gallerte vorhandene Wassermenge bestimmt für die Grösse der sich bildenden Maschen und so, nehme ich an, bestimmen auch die bei der Bildung der organisirten Colloide disponiblen Wassermengen, innerhalb bestimmter Grenzen, über die Grösse der intermolekularen Räume. Das würde den verschiedenen Wassergehalt derselben organisirten Substanz auch in Fällen erklären, wo nachträgliche Aufnahme von Wasser ausgeschlossen ist. Die Annahme verschieden grosser „Micellen“ erscheint hierbei überflüssig. Ausreichend für die Erklärung des verschiedenen Wassergehalts wäre die Vorstellung, dass die Anziehung der Substanzmoleküle zu Wasser das Zustandekommen nur eines Theiles der möglichen Bindungen zulässt.

Auch die wasserreichste Kieselgallerte lässt unter dem Mikroskop keinerlei Structur erkennen und habe ich daher schon ausgesprochen, dass auch die feinste, sichtbar zu machende Structur an Membranen und Stärkekörnern nicht als unmittel-

barer Ausdruck des molekularen Aufbaues gelten kann. Sonst dürften ja auch organisierte Colloide ihre Organisation nicht einbüßen, ohne gleichzeitig ihren colloidalen Charakter zu verlieren.

Ist das intermolekular festgehaltene Wasser capillares Imbibitionswasser, so fällt die Kraft der Imbibition mit Capillarattraction zusammen, die, bei dem geringen Durchmesser der Molekularmaschen, sehr hohe Werthe erreichen wird. Dass die Imbibition von Wasser in poröse anorganische Körper, wie Kreide, gebrannten Thon, lithographischen Stein, ein poröses mit gepulvertem und festgestampftem basisch salpetersaurem Wismuth oder Zinkoxyd erfülltes Gefäss bis fünf Atmosphären Druck das Gleichgewicht halten kann, wurde schon von Jamin gezeigt¹⁾. Reinke fand für Laminaria als mittleren Druck des Wassers während der Quellung 45 Atmosphären²⁾. Für die Compression des Wassers bei der Quellung wurde der Werth von 0,002 gewonnen. Die in die intermolekularen Maschenräume eindringenden Wassermolekeln müssen die Substanzmolekeln auseinanderdrängen und somit eine Arbeit leisten. Die Grösse dieser Arbeit wird durch die Grösse des Elastizitätswiderstandes der quellungsfähigen Substanz gemessen. Der Elastizitätswiderstand wäre aber hier durch die Grösse der chemischen Affinität der Molekeln bestimmt. Die geleistete Arbeit bedingt eine Abnahme des Wärmevorrathes der Wassерtheilchen. Andererseits wird aber in Folge starker Anziehung der Körpermolekeln eine gewisse Zahl von Wassermolekeln in einen mehr oder weniger starren Zustand übergehen, wodurch Wärme frei werden muss³⁾. Diese freigemachte Wärme überwiegt die durch Auseinanderdrängen der Substanzmolekeln gebundene und gab Naegeli einen Ueberschuss von 2,7° C., als 40 g lufttrockne Stärke mit 29,5 kcm Wasser zusammengeführt wurden: das Thermometer stieg von 20,6° C. auf 23,3°⁴⁾. Naegeli bezeichnet das in der fortschreitenden Bewegung seiner Molekeln mehr oder weniger gehemmte Wasser als Adhäsionswasser, während das capillare Wasser die vollen

¹⁾ Comptes rendus, 1860, Bd. L, 311.

²⁾ Bot. Abh. her. v. Hanstein, Bd. IV, 1879, p. 67.

³⁾ Naegeli, Gährung, p. 133.

⁴⁾ l. c. p. 134.

Molekularbewegungen des freien Wassers haben soll¹⁾. Das Adhäsionswasser würde unmittelbar an die Substanzmolekülen grenzen, das capillare Wasser durch das Adhäsionswasser von den Substanzmolekülen getrennt sein. Ausser diesem intermolekularen Capillarwasser hätten wir aber auch noch das die anatomischen Hohlräume erfüllende, welches als interstitiales Capillarwasser sich bezeichnen liesse. — Das Quellungsmaximum tritt ein, wenn der Elasticitätswiderstand der Substanz der Grösse der capillaren Anziehung das Gleichgewicht hält. Die Deutung dieser Vorgänge war nun bis jetzt die: die Anziehungskraft zwischen Substanz und Wasser nimmt in einem schnelleren Verhältniss ab, als die Anziehungskraft zwischen den auseinandergetriebenen Substanztheilchen²⁾. Dieser Ausdruck ist in seiner Allgemeinheit nicht mehr zu halten, da er eine gleichmässige Vertheilung der Substanztheilchen in dem Quellungswasser voraussetzt, während wir von der Annahme eines netzförmigen Molekularbaues ausgehen. Selbst die Micellarverbände Naegeli's waren mit dieser Quellungshypothese kaum mehr vereinbar und suchte sie dann auch Naegeli ausserhalb des Zusammenhangs mit jener Hypothese zu stützen, durch die Erwägung: die Micellen sind in Lösung wegen ihres beträchtlicheren Gewichtes viel weniger beweglich, als es die Moleküle in Lösungen sind und legen sich daher leicht aneinander. Zum Vergleich werden ähnliche Erscheinungen bei den Spaltpilzen herangezogen, welche, wenn unbeweglich, sich in einer Flüssigkeit in Verbände an einander legen können³⁾. Bei unserer Hypothese von dem netzförmig molekularen Bau, sind es aber andere Kräfte, welche die Substanzmoleküle im Netze zusammenhalten und die Wassermoleküle in den Maschen dieses Netzes. Die Substanzmoleküle werden durch chemische Affinität aneinander, die Wassermoleküle durch Capillarität in den Maschen gehalten. Beide Kräfte müssen zunächst noch unterschieden werden. Auch nahmen wir an, dass die Substanzmoleküle sich an bestimmten Stellen ihrer Oberfläche mit Hilfe der mehrwertigen Atome binden und daher Ketten und Netze bilden, die Wassermoleküle werden aber als solche in die

¹⁾ I. c. p. 129.

²⁾ Naegeli, Stärkekörner, 1858, p. 332.

³⁾ Gährung, p. 102 u. 104.

capillaren Hohlräume eingesogen und nur insofern sie in die unmittelbare Nähe der Substanzmoleküle kommen, von diesen nach Art von Molekularadditionen fixirt. Für alle Fälle halten sich bei der Quellung von Anfang an zwei verschiedene Kräfte das Gleichgewicht, die Affinität der Substanzmoleküle und die capillare Anziehung zu Wasser; letztere, nicht das Adhäsionswasser, ist für das Maximum der Quellung maassgebend. Dieses Maximum tritt ein, wenn die Affinität der Substanzmoleküle der capillaren Anziehung zu Wasser das Gleichgewicht hält.

Ueberwiegt die capillare Anziehung über die Affinität der Substanzmoleküle, so wird das molekulare Netzwerk gesprengt; es tritt Lösung ein, in welcher Ketten und Maschen des Netzes vertheilt sein werden. Daher das opalisirende Aussehen solcher Colloidlösungen, daher die Erscheinung, dass sie sich in Fäden ziehen und nicht durch Membranen gehen.

Wie wir bei Beobachtung der Quellungserscheinungen an Stärkekörnern und Membranen feststellen konnten, wird der anatomische Bau früher zerstört als das molekulare Netz gesprengt. Nach der Zerstörung der anatomischen Structur ist die Substanz desorganisiert, quillt aber noch weiter.

Bei solchen Colloiden, die nicht quellbar sind, wie z. B. der Kieselsäuregallerte, reicht die Capillarattraction nicht hin, um bei gewöhnlicher Temperatur die Affinität der Substanzmoleküle zu überwinden, sobald letztere Gleichgewichtslagen eingenommen haben. Bei erhöhter Temperatur wird die Affinität der Substanzmoleküle überwunden und tritt sofort, ohne Quellung, Lösung ein. Graham war geneigt, das „Gelatinisierungswasser“ der Colloide mit Krystallwasser zu vergleichen, doch unterscheidet es sich von Krystallwasser dadurch, dass es in unbestimmten, innerhalb weiter Grenzen oft schwankenden Mengen aufgenommen und auch herausgepresst werden kann¹⁾. Das in der Kieselsäuregallerte gebundene Wasser verhält sich aber durchaus so wie das Imbibitionswasser der organischen Colloide, nur dass die Anziehung der Substanz zu demselben schwächer ist, es relativ leicht sich entfernen lässt. Das Imbibitionswasser der Kieselsäuregallerte kann, wie Graham zeigte²⁾, durch andere „inactive Verbindungsmitte“ der Kieselsäure, wie

¹⁾ Pogg. Ann., Bd. 114, 1861, p. 187.

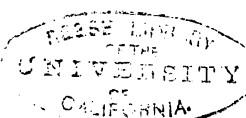
²⁾ Ebendas. Bd. 123, 1864, p. 533.

Chlorwasserstoffsäure, Salpetersäure, Essigsäure, Weinsäure, Zuckersyrup, Glycerin und Alcohol verdrängt werden. So entsteht aus dem „Hydrogel“ das „Alcogel“, wenn man das 8—10% Hydrogel in absoluten Alcohol einträgt und letzteren wiederholt erneuert. Aus dem Alcogel lässt sich Hydrogel zurückgewinnen. Das Alcogel kann aber der Ausgangspunkt für andere Gallerten werden, indem die einzige erforderliche Bedingung zu sein scheint, dass sich die neue Flüssigkeit mit dem Alcohol mische, d. h. dass sie Körper sind, die in einander diffundiren können.

Dieselben Gesetze beherrschen auch die osmotischen Vorgänge innerhalb der Membranen: die Grösse der intermolekularen Maschen, der anatomische Bau, die Affinität der Membran, sowie der imbibirenden Flüssigkeit zu einem bestimmten Körper werden über dessen Eintritt in die Membran entscheiden. Ein Diosmiren der zusammenhängenden Colloid-Molekeln durch Membranen wird aber nicht möglich sein, es sei denn, dass es sich um ein lebendes, aktiv vordringendes, den Molekularverband eventuell sprengendes, oder sogar die Molekeln lösendes Colloid: das Protoplasma, handle.

Mit gleichem Rechte wie den constituirenden Theilchen von Krystallen krystallinische Structur zugeschrieben wird, kommt solche, schreibt Pfeffer¹⁾, auch den „Krystalloiden“ (Proteinkrystallen) zu. Es wird jetzt aber meist angenommen, dass in den Krystallen eine grössere Zahl chemischer Molekeln zu einer in sich enger geschlossenen Molekulargruppe, dem sogenannten „Krystallmolecul“, vereinigt sind und dass solche Krystallmolekeln somit die näheren Bestandtheile der krystallisirten Körper ausmachen. Dieses dürfte auch für die Proteinkrystalle gelten, welche somit aus Krystallmolekeln aufgebaut wären, für welche die Naegeli'sche Bezeichnung „Micellen“ sehr gut passen würde. Die Proteinkrystalle unterscheiden sich aber von den anderen Krystallen durch ihre Quellungsfähigkeit, sie bestehen aus einer colloidalen Substanz; im Anschluss an das bisher entwickelte müssen wir daher annehmen, dass den „Micellen“ der Proteinkrystalle derselbe netzförmige Molekularbau wie überhaupt den Colloiden zukommt.

¹⁾ Pflanzenphysiologie, Bd. II, p. 20.



Wie nun Schimper¹⁾ zeigte, gelten für die Grössen- und Gestaltungsänderungen der Proteinkrystalle bei Quellung dieselben Gesetze wie für die Ausdehnung der anderen Krystalle durch Wärme. Die Quellung erfolgt aber durch intermolekulare Wassereinlagerung, muss somit die einzelnen Micellen des Krystals treffen. Diese werden daher bestimmte, nach den Krystallaxen orientirte Quellungscoefficienten haben und die regelmässige Quellung des ganzen Krystals bedingen. Diese Regelmässigkeit der Quellung kann bei netzförmigem Molekularbau der Colloide kaum anders als im Zusammenhang mit einer regelmässigen Ausbildung der Molekularnetze gedacht werden. Diese hätten somit unter dem Einfluss der bei der Krystallisation thätigen Kräfte eine bestimmte Gestalt und Orientirung erhalten. So tritt uns als letzte Schlussfolgerung bei Eiweisskrystallen eine Abhängigkeit der Quellungsrichtungen und Quellungsgrössen von der Gestalt und Grösse der Molekularnetze entgegen.

Dieses Ergebniss benutzen wir, um auch die Quellungs vorgänge innerhalb der Zellhäute und Stärkekörner zu beleuchten. Wie in Proteinkrystallen unter dem Einfluss der Krystallisation, erhalten hier unter dem Einfluss der organisirenden Kräfte die Molekeln und die von denselben gebildeten Netze eine bestimmte Gestalt und Orientirung. Wie in den Proteinkrystallen die Gestalt und Orientirung dieser Netze in Beziehung zur Form des ganzen Krystals stehen, so auch zeigen sie in Stärkekörnern und Zellhäuten eine bestimmte Beziehung zu dem sichtbaren anatomischen Bau. Daher die Wahrnehmung, dass die Quellungsrichtungen senkrecht gegen beobachtete Structuren gerichtet sind. Man könnte sich z. B. in dem concreten Falle der Stärkekörner denken, dass dort die Maschen in radialer Richtung gestreckt sind und während der Quellung bei andauernder Volumenzunahme mehr oder weniger isodiametrisch werden und dass daher die Lamellen nur tangentiale Volumenzunahme zeigen. Aehnlich lassen sich die aus den Quellungsrichtungen und Quellungsgrössen erschlossenen Maschenbilder auch für die einzelnen Zellhäute construiren. So wäre in der That, wenn auch 'in einem andern Sinne als bei Naegeli und Zimmermann, eine

¹⁾ I. c. p. 34.

Beziehung der anatomischen Structur zu dem Molekularaufbau gegeben.

Aus dem richtenden Einfluss der bei der Organisation und der Krystallisation thätigen Kräfte liesse sich die Aehnlichkeit zwischen Stärkekörnern und Sphaerokristallen, welche zum Vergleich beider geführt hat, erklären. Es liegt ja sogar nahe anzunehmen, dass Krystallisation und Organisation nicht qualitativ sondern nur quantitativ verschieden sind und dass die Vorgänge der Krystallisation sich auf dem Substrat activer Eiweisskörper zu Vorgängen der Organisation potenzirten.

Eine Vergrösserung der intermolekularen Maschen über bestimmte Maasse hinaus zerstört die Form der Eiweisskrystalle, sowie die anatomische Structur der organisirten Gebilde und hebt bei letzteren die bestehenden Spannungsverhältnisse auf, worauf bei fortgesetzter Wassereinlagerung die Sprengung der Netze und somit partielle Lösung folgt.

Nur beiläufig sei bemerkt, dass der Schluss von den „Krystallmolekeln“ in Eiweisskrystallen aus, auf krystallinische Elemente in den organisirten Substanzen, mir nicht anders erscheinen will, als wie ein Schluss von beliebigen Krystallen aus, auf „Krystallmolekeln“ in entsprechenden amorphen Körpern, so etwa (in einem uns hier besonders nahegelegten Falle) von den Quarzkrystallen aus, auf „Krystallmolekeln“ in der Kieselsäuregallerie.

Die Substanz der Sphaerokristalle des Inulins¹⁾, der Amylodextrinscheibchen und Nadeln²⁾ ist nicht quellungsfähig und auch hierin liegt ein wesentlicher Unterschied zwischen diesen Krystallen und den Stärkekörnern. Zwar sind die Sphaerokristalle des Inulins ganz ebenso positiv doppelbrechend³⁾ wie die Stärkekörner, doch dieses ihr optisches Verhalten lässt sich aus ihrem krystallinischen Aufbau ableiten, ähnlich wie auch die eigenthümlichen Erscheinungen der Doppelbrechung bei Amylodextrinscheibchen⁴⁾ aus der Anordnung der sie aufbauenden Krystall-

¹⁾ Naegeli, Stzbr. der bair. Akad. d. Wiss., 8. März 1862, p. 317; Sachs, Bot. Zeitung, 1864, p. 77, Lehrbuch, IV. Aufl., p. 65.

²⁾ W. Naegeli, Beiträge zur näheren Kenntniß der Stärkegruppe, 1874, p. 18—20.

³⁾ Vergl. auch Naegeli l. c. p. 319.

⁴⁾ W. Naegeli l. c. p. 16, 17, u. Mikroskop, II. Aufl., p. 359.

nadeln aller Wahrscheinlichkeit nach folgen. Eine wässrige Lösung von Inulin ist diffusionsfähig¹⁾, hingegen scheint merkwürdiger Weise das Amylodextrin sich in Lösungen wie ein Colloid zu verhalten und nicht zu diosmiren. Zugleich mit diffundirenden Stoffen soll es übrigens durch Membranen gehen²⁾.

Der Bau und das Wachsthum des lebenden Protoplasma müssen nochmals besonders für sich betrachtet werden, da das lebende Protoplasma in vielen seiner Eigenschaften von allen übrigen Colloiden abweicht. Zunächst haben wir die sichtbare anatomische Structur, die, wie neuere Untersuchungen übereinstimmend lehren, eine netzförmige ist. An der Peripherie des Plasmakörpers oblitteriren die Maschen des Netzes und erfährt die Substanz eine chemische Veränderung. Das Protoplasma stimmt in vielen seiner Eigenschaften mit einem Colloid überein, nähert sich andererseits einer Flüssigkeit mehr als andere Colloide, denn es neigt in endlicher Gleichgewichtslage Kugelform anzunehmen. Seinem Aggregatzustande nach gehört das Protoplasma somit zu den weichen oder halbflüssigen Körpern, von welchen Pfaundler annimmt, sie seien gemischt aus festen Molekelgruppen mit flüssigen d. i. fortschreitenden Molekeln, welche mit den festen fortwährend ihre Stelle wechseln³⁾. Der hypothetisch angenommene molekulare Bau der Colloide wird beim Protoplasma äusserst labil, indem ununterbrochen alte Bindungen zwischen den Molekülen aufgehoben werden, neue sich bilden und so fort und fort andere Molekularmassen mit einander in Zusammenhang treten. Die stetig wirksamen Dissociations- und Regenerations-Processe machen das Zustandekommen eines stabilen Gleichgewichtszustandes unmöglich. Wie denn Pflüger⁴⁾ zuerst die lebende Materie als nicht bloss erstaunlich zersetzbar, sondern als sich auch immerfort zersetzend, erkannte.

Das Wachsthum, d. h. die Volumenzunahme des Protoplasma hängt unmittelbar mit den chemischen Processen, die sich in seinem Innern abspielen, zusammen. Wie diese erfolgt

¹⁾ Vergl. Prantl, das Inulin. 1870, p. 17.

²⁾ W. Naegeli l. c. p. 32.

³⁾ Sitzbr. d. math. naturw. Cl. d. W. A. Bd. LXXXIII, II. Abth., 1876, p. 253.

⁴⁾ l. c. p. 311.

es an allen Stellen im plasmatischen Zelleibe, kann somit als Intussusceptionswachsthum bezeichnet werden. Es stimmt in sofern mit der früheren Vorstellung eines Intussusceptionswachsthums von Zellhäuten und Stärkekörnern überein, als es durch Einfügung neuer Theilchen zwischen ältere an allen Punkten des lebendigen Körpers erfolgt; unterscheidet sich von demselben dadurch, dass es auf dem Einwandern activer lebender Massen, oder auf dem chemischen Regenerationsvorgange an Ort und Stelle beruht. Für die geformten, eiweisshaltigen Einschlüsse des Plasmaleibes der Zelle, so für den Zellkern, die Mikrosomen, die Chlorophyllkörper, die Stärkebildner und die Proteinkörper liegt verschiedenes Wachsthum vor. Der Zellkern wird durch einwandernde Protoplasmamassen ernährt, die Chlorophyllkörper und Stärkebildner regeneriren selbstthätig ihren Leib. Die Proteinkörper könnten als todte Eiweissmassen durch Apposition wachsen und in der That scheint ein solches Wachsthum für die geschichteten Proteinkörper von *Paeonia*¹⁾ vorzuliegen. Ueber das Wachsthum der Mikrosomen weiss ich noch nichts Bestimmtes zu sagen.

Für die Kieselnadeln einer Radiolarie sind neuerdings von K. Brandt²⁾) Erscheinungen beschrieben worden, die er im Sinne des Intussusceptionswachsthums deutet. Diese Nadeln sollen ihrer ganzen Masse nach an Grösse zunehmen und einander zuvor genäherte Theile während des Wachsthums auseinandergerückt werden. Liegen hier nicht Quellungserscheinungen mit gleichzeitiger Kieseleinlagerung, oder passiver Dehnung mit Apposition vor, so wäre es immerhin denkbar, dass actives Protoplasma die Grundlage der Nadeln bilde. Uebrigens schreibt mir R. Hertwig, dass bei vielen anderen Radiolarien die Skelettheile sicher durch Apposition wachsen.

Die Angaben von Brandt veranlassten mich, ein pflanzliches Object zu studiren, bei dem, den vorhandenen Beschreibungen nach, Einlagerung von Kiesel in Protoplasma möglich erschien. Es handelte sich um die Kieselkörper der Podoste-

¹⁾ Vgl. Pfeffer, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VIII, 1872, p. 499. Taf. XXXVI, Fig. 7.

²⁾ Sitzbr. d. phys.-math. Kl. d. Berl. Akad. d. Wiss. 21. April 1881, p. 401.

maceen. Prof. Warming hatte die Güte, mir Alcoholmaterial zu senden. Ich beschränkte mich auf die Untersuchung junger und älterer Blätter von *Mniopsis Weddelliana*; die erhaltenen Resultate reichten zu meiner Orientirung aus. Die eigene Gestalt der Kieselkörper dieser Pflanzen haben Cario¹⁾ und Warming²⁾ ausführlich beschrieben. Warming macht die richtige Angabe, dass die Kieselkörper oft eine Höhlung im Innern zeigen und bildet dieselbe auch ab. Flächenschnitte durch die Blätter von *Mniopsis Weddelliana* gaben die besten Bilder, wenn ich sie mit hämatoxylinhaltigem Glycerin tingirte und dann eventuell noch Chlorzinkjodlösung zusetzte. Es zeigte sich da, dass die Kieselablagerung stets an der Wand der Zelle, meist regelmässig im ganzen Umfang des Plasmakörpers beginnt und das Lumen der Zelle entsprechend verengt. Solche zur Kieselablagerung sich anschickenden Zellen sind vorher schon daran zu erkennen, dass ihre Chlorophyllkörper schwinden und ihr Zellkern langgezogen spindelförmig wird. Nach begonnener Kieselablagerung an der Wand der Zelle ist das noch vorhandene Protoplasma und der Zellkern stets im restirenden Zelllumen mit Hämatoxylin nachzuweisen. Bei weiterer Verengung des Lumens wird das Protoplasma stark lichtbrechend und könnte für den Kieselkörper selbst gehalten werden; Zusatz von Chlorzinkjodlösung verschafft hier Aufklärung. Als bald ist im Lumen des Kieselkörpers nur noch der spindelförmige Zellkern zu sehen, der schliesslich auf einen Strich reducirt wird, in seltenen Fällen auch vollständig schwinden kann. Uebereinstimmend mit den früheren Forschern³⁾ finde ich, dass der Kieselkörper während seiner Anlage ganz homogen, ohne die spätere Form erscheint und diese erst im fertigen Zustand verräth. Der Vergleich verschiedener Entwickelungsstadien führte mich zu der Ueberzeugung, dass der junge Kieselkörper zunächst in den Alcoholpräparaten im gequollenen Zustande vorliegt und seine eigentliche Structur erst sichtbar wird, nachdem er seine Quellungsfähigkeit einbüsst. Die Structur des fertigen Zustandes ist eine poröse; sie beruht auf dem Vor-

¹⁾ Bot. Zeitung 1881, Sp. 28 u. ff.

²⁾ Vornehmlich in Videnskabelige Meddelelser fra den naturh. For. in Kjobenhavn, 1881, p. 89.

³⁾ Cario l. c. Sp. 60, 62.

handensein sehr unregelmässiger, rundlicher, auch hin und wieder spaltenförmiger Poren, die von aussen gegen das Zelllumen verlaufen. Schrumpfung des Kieselkörpers bei starkem Wasserverlust im fertigen Zustande mag die Unregelmässigkeit seines Aussehens noch steigern und den oft zu beobachtenden feinporösen Bau seiner inneren Theile veranlassen. Der Umstand, dass das centrale Protoplasma während der Ausbildung des Kieselkörpers schwindet, erweckt die Annahme, dass in den Aufbau des letztern organische Substanz eingeht. Dieses würde auch deren Quellfähigkeit erklären. Freilich kann die organische Substanz nur in geringen Mengen in dem Kieselkörper vertreten sein, da nach Behandlung mit Flusssäure ein Skelet nicht zurückzubleiben scheint. Besonders interessirte es mich, festzustellen, dass eine Einlagerung von Kieselsäure in das lebende Plasma nicht vorliegt, vielmehr eine Umwandlung desselben an der Oberfläche mit gleichzeitiger Einlagerung von Kieselsäure. Vielleicht liegt hier die Bildung sehr quellbarer Cellulose vor, in welche die Kieselsäure eintritt. Dadurch würden diese Bildungen mit anderen verkieselten Membranen des Pflanzenreiches in Verbindung treten und von denselben nur durch die geringe Menge der vorhandenen Cellulose sich unterscheiden; sie ständen auch nicht allzufern den Cystolithen. Dass die verkieselte Schicht nicht mit den älteren Wänden der Zelle zusammenhängt, darf uns in unserer Deutung nicht stören, da wir ähnlichen Erscheinungen oft genug begegnet sind. Das fast vollständige Obliteriren des Zellumens, sowie der Schwund des Protoplasma bei Bildung der Kieselkörper hätte sein Analogon in der starken Verdickung der Wände und dem Verbrauch allen Protoplasmas in vielen anderen Zellen. — Das Aussehen einiger der früher abgebildeten Kieselkörper der Podostemaceen erweckt die Vermuthung, dass die kieselhaltige Wandverdickung in manchen Fällen einseitig fortschreiten kann.

Pfeffer¹⁾ hat nachzuweisen gesucht, dass über den diosmotischen Eintritt und Austritt von Stoffen in die Zelle nur die Hautschicht des Protoplasma entscheidet. Wie Beobachtungen über Plasmabewegung in und ausserhalb geschlossener Zell-

¹⁾ Osmotische Untersuchungen, 1877, und Pflanzenphys. Bd. I, 1881, p. 33.

membranen lehren, befindet sich im Allgemeinen die Hautschicht in Ruhe, während das übrige Protoplasma strömt. Es lässt sich daher annehmen, dass in der Hautschicht das Molekularnetz stabiler ist, die Moleküle bestimmt angeordnet und in relativer Ruhe. Dieses mag der Hautschicht die vorerwähnte Bedeutung für die osmotischen Vorgänge geben. Darüber, ob ein gelöster Körper Aufnahme in die Zelle findet oder aus derselben entlassen wird, müsste die Grösse der intermolekularen Maschen entscheiden. Die anatomischen Maschen nehme ich hingegen in der Hautschicht als geschlossen an. Doch sahen wir, dass eine scharf abgegrenzte Hautschicht zeitweise fehlen kann, als dann dürfte das Körnerplasma an seiner Oberfläche die Maschen zusammenziehen und die Functionen der Hautschicht übernehmen. Die Hautschicht ist im Ruhezustande körnerlos, doch wenn sie zur Membranbildung sich anschickt, rücken Mikrosomen in sie ein und haben sie alsbald völlig angefüllt.

Pflüger war der erste, der in seinem berühmten Aufsatze über die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen¹⁾ darauf hinwies, dass eine chemische Verschiedenheit zwischen lebendem und todtem Eiweiss bestehen müsse. Das Eiweiss ist aber todt, solange es nicht Zellsubstanz geworden ist²⁾). Pflüger war es auch, der die Zersetzbarkeit als eine nothwendige Eigenschaft der lebendigen Materie erkannte. Die Selbstzersetzung des lebenden Eiweißes setzt eine Bewegung der Atome voraus, gross genug, um sie aus der Aktivitätssphäre der sie unmittelbar in der Molekel bindenden Atome mehr oder weniger zu entfernen. Da diese Bewegungen aber nichts als ein Theil der Wärme sind, so dürfte man sagen, dass die intramolekulare Wärme die Ursache der Selbstzersetzung sei³⁾): die intramolekulare Wärme der Zelle ist ihr Leben⁴⁾. Als das mit grösster intramolekularer Bewegung ausgerüstete Radical nahm Pflüger im lebenden Eiweiss das Cyan an⁵⁾. Loew und Bokorny suchen hingegen Aldehydgruppen in dem lebenden Eiweiss nachzuweisen und erblicken in der bedeuten-

¹⁾ Archiv f. d. ges. Physiolog. Bd. X, 1875, p. 251.

²⁾ l. c. p. 301.

³⁾ l. c. p. 311.

⁴⁾ l. c. p. 327.

⁵⁾ l. c. p. 338.

den Atombewegung, welche diese in den Eiweissmolekeln erzeugen müssen, die chemische Ursache des Lebens¹⁾). Der Tod des Protoplasma soll auf einer Verschiebung dieser Aldehydgruppen in den Plasmamolekeln beruhen.

Kohlenstoff-Assimilation.

Es war Sachs, der zuerst erkannte, dass die Stärke in den Chlorophyllkörpern in Folge der Kohlenstoffassimilation auftritt²⁾. Die chemischen Processe, die sich dort abspielen, führen, so giebt er an, im Resultate zur Bildung von Amylum oder Zucker³⁾. Diese Angaben bleiben unverändert bestehen, doch sind meine entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen wohl geeignet über die Processe, welche zur Stärkebildung im Chlorophyllkörper führen, einigen Aufschluss zu geben. Die Stärke geht durch Spaltung aus dem Protoplasma hervor und ist insofern ein indirectes Product der Assimilation.

Die Stärkekörner in dem Chlorophyllkörper sind bereits ein Reservestoff, der mit Reinke als transitorischer Reservestoff⁴⁾ bezeichnet werden kann. Wie rasch aber die complicirten Vorgänge im Chlorophyllkörper durchlaufen werden, die zum Aufbau der activen Eiweissmolekeln einerseits und deren Spaltung mit Bildung von Stärke andererseits führen, zeigt der Umstand, dass an im Dunklen entstärkten Pflanzen von Spirogyra schon nach fünf Minuten andauernder Besonnung Stärke nachgewiesen werden kann⁵⁾.

Es verbreitet sich jetzt immer mehr die Ansicht, dass einer von Baeyer⁶⁾ und dann auch von Erlenmeyer⁷⁾ vertretenen Auffassung gemäss, bei der Kohlenstoffassimilation, unter dem Einfluss des Sonnenlichtes, in den Chlorophyllkörpern zunächst Methylaldehyd als Reductionsproduct der Kohlensäure auftrete. Erlenmeyer meint, die Kohlensäure CO_3H_2 sei, wie

¹⁾ Die chemische Ursache des Lebens. München 1881, p. 7, 17.

²⁾ Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III, 1863, p. 205.

³⁾ Experimentalphysiologie, 1865, p. 319.

⁴⁾ Lehrbuch, p. 481. Protoplasma, p. 189.

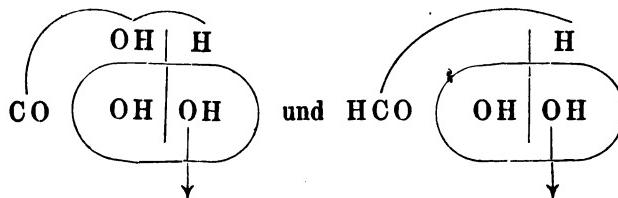
⁵⁾ G. Kraus, Jahrb. f. wiss. Bot., 1869—70, Bd. VII, p. 511.

⁶⁾ Berichte der deut. chem. Gesell., III. Jahrg., 1870, p. 63.

⁷⁾ Ebendas. X. Jahrg., 1877, p. 634.

die Gährungsmilchsäure, Glycolsäure und andre kohlenstoffreiche sog. Hydroxylsäuren, unter gleichzeitig oxydirender und reducirender Wirkung des Wassers, einer Spaltung fähig in die Wasserstoffverbindung des Carboxyls, die Ameisensäure und die Hydroxylverbindung des mit dem Carboxyl vereinigten Radicals. Die Hydroxylverbindung des mit dem Carboxyl vereinigten Radicals ist aber in der Kohlensäure ebenfalls Hydroxyl. Die Verbindung von Hydroxyl mit Hydroxyl ist nichts andres als Wasserstoffhyperoxyd, das sich bekanntlich ähnlich wie die Aldehydhydrate sehr leicht unter Abspaltung von Wasser zerstetzt. Das Anhydrid, welches hierbei entsteht, ist Sauerstoff. Es ist nun Erlenmeyer sehr wahrscheinlich, dass die ange deutete Spaltung in Ameisensäure und Wasserstoffhyperoxyd, durch Wasser, unter dem Einfluss des Chlorophylls und der Sonnenstrahlen, bewirkt wird und die erste Veränderung ist, welche die Kohlensäure in den Pflanzen erleidet. Dann sei nicht undenkbar, dass auch die Ameisensäure durch Wasser unter den Bedingungen, unter welchen sie in den Pflanzen steht, noch weiter in Methylaldehyd und Wasserstoffhyperoxyd gespalten werden könne; letzteres wiederum in Wasser und Sauerstoff.

Wir wollen diese Erlenmeyer'sche Hypothese durch folgende Formelcombinationen zur Anschaugung bringen:



Sie führt wie wir sehen zur Ausscheidung eines dem auf genommenen Kohlensäureanhydrid gleichem Volumen Sauerstoff.

Soweit ich beurtheilen kann, erfreut sich die Erlenmeyer'sche Hypothese bei den Chemikern eines besonderen Ansehens und sind neuerdings für dieselbe, als die wahrscheinlichste, auch Loew und Bokorny¹⁾ eingetreten. Der entstehende Methyl aldehyd wird aber nach Loew und Bokorny so rasch weiter verwendet, dass er als solcher sich nicht nachweisen lässt^{2).}

¹⁾ Berichte d. deut. chem. Gesell., 1881, p. 2508, Anm.

²⁾ Ebendas. p. 2509.

Loew und Bokorny suchen aus dieser Gruppe CHOH, direct die Eiweissbildung abzuleiten¹⁾. Vier Molekeln dieser Gruppen sollen mit einer Molekel Ammoniak zusammentreten, um, bei Condensation, den, übrigens noch nicht dargestellten, Aldehyd der Asparaginsäure zu bilden. Das Albumin soll ein Condensationsproduct dieses relativ einfach constituirten Körpers sein, und zwar unter Aufnahme von Schwefel und bei Zutritt von Wasserstoff durch einen der Pinakonbildung analogen Process entstehen. Die Aldehydgruppen im lebenden Protoplasma werden von Loew und Bokorny nachgewiesen, sie sind es, welche sowohl Polymerisationen als weitere Condensationen ermöglichen, ferner eine energische Bewegung in den Molekeln erzeugen, welche als die Ursache des Lebens angesprochen wird. Somit soll aus Methylaldehyd unter Beteiligung von Ammoniak, Schwefel und Wasserstoff die Bildung von Eiweissmolekeln in dem Organismus möglich sein.

Ich glaube nun nicht, dass ein solcher Vorgang wirklich irgendwo im Organismus stattfände. In den Organen der Kohlenstoffassimilation, den Chlorophyllkörpern, nimmt thatsächlich, wenn sie ausgewachsen sind und assimiliren, der Protoplasma gehalt nicht zu und handelt es sich vornehmlich nur um die Regeneration der bei der Bildung der Stärke dissociirten Eiweissmolekeln. Auch ist es nicht eben wahrscheinlich, dass Ammoniak, Schwefel und Wasserstoff in den Chlorophyllkörpern den Methylaldehydgruppen zur Verfügung gestellt werde.

Andrerseits hat Butlerow²⁾ gezeigt, dass bei Einwirkung von Alkalien auf einen polymerisirten Methylaldehyd ein zuckerartiger Körper (Methylenitan) zu gewinnen sei. Reinke³⁾ hebt hervor, wie die einfache Polymerisirung von 6 Molekeln Methylaldehyd Traubenzucker geben könnte und so wäre es in der That auch möglich, dass solche Polymerisirungen innerhalb der Chlorophyllkörper vor sich gehen und zur Regeneration des Protoplasma dienen. Dieses würde einerseits somit durch Spaltung Stärke abgeben, andererseits sich die Producte der Kohlenstoffassimilation zueignen.

¹⁾ Die chemische Ursache des Lebens, München 1881, p. 5 u. 6.

²⁾ Lehrb. der org. Chem., 1868, p. 267; vergl. hierzu auch A. W. Hofmann, Bericht d. deut. chem. Gesell., 1868, Bd. I, p. 201.

³⁾ Vgl. Protoplasma, 1881, p. 192.

Pringsheim's Hypochlorin¹⁾ steht wahrscheinlich zu einem der Polymerisationsproducte des Methylaldehyds in Beziehung.

Die Reduction der Kohlensäure findet nur in den Chlorophyllkörpern statt, und Engelmann²⁾ stellt neuerdings durch sinnreiche Versuche fest, dass selbst isolirte Chlorophyllkörper freien Sauerstoff aushauchen und dies bis zu ihrer völligen Desorganisation fortsetzen können.

Was befähigt aber die Chlorophyllkörper zu dieser Arbeit?

Frommann³⁾ und Pringsheim⁴⁾ haben gezeigt, dass die Chlorophyllkörper netzförmig-porös gebaut sind; das könnte die Polymerisations- und Condensationsvorgänge in denselben befördern. So giebt auch Schimper⁵⁾ an, dass farblose Stärkebildner, wenn sie in Chlorophyllkörper sich verwandeln, an Grösse zunehmen, wobei deren Dichte abnehmen dürfte. Der netzförmige Bau ist freilich dem Protoplasma überhaupt eigen, doch tritt er uns in den Chlorophyllkörpern in fixirter Form entgegen.

Böhm⁶⁾, Dehnecke⁷⁾ und Schimper⁸⁾ haben gezeigt, dass die Chlorophyllkörper unter Umständen, welche die Kohlenstoff-assimilation unmöglich machen, auch befähigt sind, aus anderweitig zugeführter Substanz Stärke zu bilden. Sie verhalten sich dann wie ihre nächsten Verwandten, die Stärkebildner, regeneriren ihr Protoplasma aus zugeführten Kohlehydraten und spalten anderseits Stärke ab. Dehnecke wies auch die Existenz nicht assimilirender Chlorophyllkörper nach, auch solcher, die in der Jugend nur secundäre Stärke führen, später selbstständig assimiliren.

Auf die Athmungsvorgänge bei den Pflanzen habe ich hier nicht einzugehen, da meine Untersuchungen in dieser Richtung zu verwerthende Thatsachen nicht ergeben haben. Bemerk-

¹⁾ Untersuchungen über das Chlorophyll IV, p. 6 aus den Monatsber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1879, a. a. O. m.

²⁾ Archiv f. die gesammte Phys., Bd. XXV, 1881, p. 285.

³⁾ Stzbr. d. jen. Gesell. f. Med. u. Naturw., 21. Febr. 1879, und Protoplasma der Pflanzenzellen, Jena 1880, p. 6, Taf. I, Fig. 1—4 u. a. m.

⁴⁾ Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XII, 1881, p. 312.

⁵⁾ Bot. Zeitung, 1881, Sp. 895.

⁶⁾ Berichte d. dtsch. chem. Gesell., 1877, p. 1804.

⁷⁾ Ueber nicht assimilirende Chlorophyllkörper, Bonner Dissertation, 1880.

⁸⁾ Bot. Zeitung, 1881, Sp. 897.

sei nur, dass im farblosen Zellplasma eine Bildung von Eiweissmolekeln nach dem Loew-Bokorny'schen Schema noch weniger möglich ist, als in den Chlorophyllkörpern. Denn die im Chlorophyllkörper durch Reduction der Kohlensäure entstandenen Methylaldehydgruppen kommen an Ort und Stelle zur Verwendung und gelangen nicht in das Zellplasma. In letzterem stehen den dissociirten Eiweissmolekeln glycaseartige Körper zur Verfügung, aus letzteren werden sich die Eiweisskörper regeneriren. Freilich geht hier mit der Regeneration auch Vermehrung des Protoplasma Hand in Hand, wobei aus Spaltungsproducten der Eiweissmolekeln, bei Anwesenheit genügender Stickstoffmengen, von Schwefel, von Kohlehydraten und von Aschenbestandtheilen, sich neue aktive Eiweissmolekeln aufbauen werden. So möchte ich denn alles neu entstehende Protoplasma auf Bruchstücke des alten zurückführen und glaube nicht, dass irgend wo im Organismus wirklich neue aktive Eiweissmolekeln entstehen könnten, ohne von dem alten Protoplasma abzustammen.

Die Rolle des Zellkerns.

Ueber die Rolle des Zellkerns in der Zelle glaube ich auch noch einige weitere Mittheilungen machen zu können. Nachdem ich zu der Ueberzeugung gelangt war, dass der Zellkern die Zelltheilung nicht beherrsche, vielmehr eine andere bestimmte physiologische Function innerhalb der Zelle vollziehen müsse, sprach ich in der letzten Auflage meines Zellenbuches die Vermuthung aus, er stehe in Beziehung zur Bildung der Eiweissstoffe. Dieselbe Vorstellung wurde gleichzeitig und unabhängig von mir auch durch Schmitz¹⁾ vertreten. Ich halte auch jetzt noch an derselben fest. So weit meine Untersuchungen reichen, konnte ich nämlich feststellen, dass der Zellkern in allen Zellen, die ihre Plasmakörper noch zu regeneriren oder zu vermehren haben, erhalten bleibt. Hinzuzufügen ist, was Schmitz zuerst

¹⁾ Stzber. der niederrh. Gesell. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 1880,
13. Juli, Sep.-Abdr. p. 34.

aussprach¹⁾ , dass der Zellkern das letzte Gebilde ist, das aus einem im Lebensprocess verbrauchten Zelleib schwindet. Nur wenige Ausnahmen, die später berührt werden sollen, giebt es von dieser Regel und lassen sich dieselben, wie ich denke, ihr unterordnen. Der Umstand, dass der Zellkern aber in jeder Zelle bis zuletzt erhalten bleibt, spricht entschieden gegen die Möglichkeit, als sei er das eigentliche Organ der Zelltheilung; sonst würden ihn solche Zellen, welche sich nie wieder theilen werden, öfters vor dem Tode einbüßen. Es bleibt der Zellkern in den Endospermzellen und sonstigen Reservestoffbehältern der Samen erhalten und ist meist unschwer in denselben nachzuweisen. Tangl²⁾ lässt zwar in den Cotyledonen der Erbse die Zellkerne erst nach der Keimung, wenn der Vorrath an Reservestoffen erschöpft ist, frei entstehen, doch macht Behandlung der Schnitte mit Methylessigsäure es zu einer leichten Aufgabe, sich von der Existenz der Zellkerne in ruhenden Samen und auf allen Stadien der Keimung zu überzeugen. So auch anderswo. Der Nachweis gelingt oft besser an Objecten, die längere Zeit in absolutem Alcohol lagen. In den Proteinkörner führenden Samen aus verschiedenen Pflanzenfamilien hatte Pfeffer³⁾ bereits die Zellkerne aufgefunden. Er giebt an, man finde deren desorganisierte Reste in allen untersuchten Samen als eine unregelmässig geformte Masse, die wie eine Spinne in ihren Netzen hängt. Diese Desorganisation des Zellkerns ist nur scheinbar, so sehr er auch seine Gestalt verändert haben mag, so wird er doch zu voller Thätigkeit erwachen, sobald die ersten Lebensvorgänge sich in dem Samen regen. Nur bei Sparganium ramosum, dessen Endospermzellen dicht mit Stärke erfüllt sind, fand Pfeffer einen Zellkern nicht, vielmehr an dessen Stelle nur ein grosses mit wenig Füllmasse umgebenes Krystalloid. Das Krystalloid soll sich nach Trécul⁴⁾ aus dem Zellkern bilden; es wird dieser Fall entwicklungsgeschichtlich noch zu prüfen sein. Johow⁵⁾ konnte das Vorhandensein von Protoplasma und Zellkernen in allen bei Monocotylen vertretenen Formen von Secret-

¹⁾ Ebendas. p. 32.

²⁾ Stzbr. d. Wien. Ak. Bd. LXXVIII, Juni 1878. Sep. Abdr. p. 9.

³⁾ Jahrbücher für wiss. Bot., Bd. VIII, 1872, p. 484.

⁴⁾ Ann. der sc. nat. Bot., 1858, IV. Ser., Bd. X, p. 57.

⁵⁾ Untersuchungen über die Zellkerne in den Secretbehältern und Parenchymzellen der höheren Monocotylen, 1880.

behältern, nämlich für Krystalschlüche, schleimführende Schläuche, Harz- und Gummiharzschläuche, die Gerbstoffschlüche und die gerbstoffführenden, gegliederten Milchröhren, nachweisen¹⁾. Die Angaben von Sanio²⁾, dass bei *Berberis vulgaris* und *Sambucus nigra* die echten Holzzellen im Winter mit Stärke erfüllt sind, veranlassten mich, auch das Holz dieser Pflanzen zu untersuchen. In jeder Holzzelle war ein kleiner Zellkern zwischen den Stärkekörnern aufzufinden. Dieses ist um so merkwürdiger, als sonst die echten Holzzellen schon in nächster Nähe des Cambiums ihren ganzen Protoplasmaleib sammt Zellkern einzubüssen pflegen. Besonders interessant ist in dieser Beziehung auch *Evonymus latifolia*, von dem Sanio angiebt, dass er in seinem Holze untermischt stärkeführende und stärkeleere Zellen enthalte. Letztere zeigen Luft im Innern, linkswendige, behöfte Tüpfel, als innerste Verdickungsschicht sehr deutliche rechtsläufige Spiralen oder Ringe; erstere lassen von einer spiralförmigen Streifung nichts erkennen und besitzen nur einfache Tüpfel. Die stärkeführenden haben alle einen Zellkern aufzuweisen, während derselbe den stärkeleeren fehlt. Dieselben Zellen, welche den Zellkern besitzen, können ihren Protoplasmeschlauch bis auf ein äusserst dünnes, oft stellenweise durchbrochenes Häutchen reducirt zeigen. Der Zellkern ist hingegen inhaltsreich geblieben, wenn er sich auch in seiner Gestalt gegen theilungsfähige Zellen mehr oder weniger unterscheidet. Auch Holzzellen somit, die nie sich theilen werden, behalten ihren Zellkern, so lange sie lebenstätig sind und auch in den vielkernigen Zellen dürfen die Zellkerne nicht fehlen, ungeachtet sie mit der Theilung nichts zu thun haben können. Die Kerne theilen sich hier aber in vielkernigen nicht anders als in einkernigen Zellen. Ein besonders instructives Beispiel dieser Art bieten die schlauchförmigen Zellen vieler Algen und Pilze, die Schmitz³⁾ zuerst als mehrkernig erkannte. Die kleinen Zellkerne dieser Zellen sind meist gleichmässig im protoplasmatischen Wandbeleg vertheilt. — Pringsheim fand, dass bei Spiro-

¹⁾ Vergl. I. c. p. 32.

²⁾ Untersuchungen über die im Winter Stärke führenden Zellen des Holzkörpers dicotyler Holzgewächse, 1858, p. 7.

³⁾ Sitzber. der naturf. Gesell. zu Halle, 30. Nov. 1878, Sep.-Abdr. p. 5; dann Sitzber. der niederrh. Gesell. für Natur und Heilkunde, 5. Mai 1879;

gyra die den suspendirten Zellkern tragenden Protoplasmastränge mit ihren Enden an Amylonkerne ansetzen¹). Er giebt jetzt des Näheren an²), dass diese „Plasmodiumstränge wie ein cylindrischer Schlauch in die Peripherie des Amylumheerde übergehen, so dass diese gleichsam nur den Querschnitt eines cylindrischen Plasmodiumzweiges darstellt, in dessen Centrum ein protoplasmatischer, einem Nucleus ähnlicher Kern liegt. Wenn nun irgendwo das Ende eines solchen Plasmodiumstranges an der unteren Fläche der Bänder scheinbar an einer Stelle mündet, wo noch kein Amylumheerd vorhanden ist, so darf man sicher sein, dass hier ein Amylumheerd in Bildung begriffen ist. Mit der Vermehrung der Amylumheerde durch Theilung geht nämlich einerseits die gabelspaltige Theilung der letzten Endzweige der Plasmodiumstränge Hand in Hand; andererseits aber geht diese auch der Theilung der Amylumheerde voraus und der eine Gabelast bildet erst später, nachdem die beiden Gabeläste schon auseinander getreten sind, an seinem Ende im Chlorophyllbande einen neuen Amylumheerd.⁴ In eigenthümlichem Verhältniss zur Bildung des Perinium fanden wir die Zellkerne bei Marsilia. Thatsächlich lagerten sich dort nämlich diese Zellkerne, dicht gedrängt, mit abgeflachter Seite, der farblosen Hülle vor Beginn der Periniumbildung auf und blieben auch in derselben Weise dem in Bildung begriffenen Perinium angeschmiegt. Aehnlich auch bei Salvinia. — Ueberhaupt sahen wir aber stets die Zellkerne der ihre Selbständigkeit aufgebenden Tapetenzellen zwischen die jungen Pollenkörner und Sporen einwandern, um hier doch sicher eine bestimmte mit der Ernährung der jungen Gebilde zusammenhängende Function zu vollziehen.

Wie man nun auch über das Verhältniss der Zelltheilung zu der Kernteilung in einkernigen Zellen denken will, die angeführten Beispiele beweisen hinlänglich, dass dem Zellkern jedenfalls noch eine besondere Function in den Zellen obliegt. Das Verhältniss, welches die Zellkerne öfters zu der Stärkebildung zeigen, könnte die Vermuthung erwecken, dass ihnen irgend welche Rolle bei der Entstehung der ausserhalb der Chlorophyllkörper auftretenden Kohlehydrate zufalle. Auf die

dann Festschrift der naturf. Gesell. zu Halle, 1879; dann Sitzber. der niederrh. Gesell., 4. Aug. 1879.

¹⁾ Vergl. Zellbildung und Zelltheilung, 3. Aufl., p. 173.

²⁾ Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XII, p. 304, Taf. XXIV, Fig. 4.

Kohlehydrate direct und allein kann sich die Wirkung des Zellkerns jedoch nicht erstrecken, der auch in Zellen vorhanden ist, die niemals Kohlehydrate führen. Seine Beziehung zu den Kohlehydraten ist auch, wo sie sich zeigt, eine indirecte. Wir wissen, dass Stärke von dem Protoplasma abgespalten wird und die darauf folgende Regeneration des Protoplasma dürfte in noch unbekanntem Verhältniss zu dem Zellkern stehen.

Ich habe schon erwähnt, dass es einige Ausnahmen giebt, in welchen der Zellkern vor dem Protoplasma aus der Zelle schwindet. Eine solche Ausnahme bieten die Siebröhren. Ihr noch lebendiger Plasmaleib, in welchem Russow und Schmidt¹⁾ sogar Strömungen beobachten konnten, ist kernlos. Ich erkläre mir diese Erscheinung, indem ich annehme, dass in diesen Schläuchen, welche der Leitung von Plasmamassen dienen, Regeneration und Vermehrung von Protoplasma nicht stattfindet. Doch fand E. Schmidt in den Siebröhren von *Victoria regia* vereinzelte Stärkebildner mit Stärkeinschlüssen, was mich in der Ansicht bestärkt, dass der Zellkern nicht zur Bildung der Stärke, sondern zur Regeneration des Plasmas in Beziehung steht, wenn er ein Verhältniss zu Stärkekörnern, wie bei *Spirogyra*, verräth. Ich darf zunächst aber annehmen, dass in den angeführten Siebröhren eine Regeneration der bei der Stärkebildung entstandenen Spaltungsproducte nicht vorliegt.

Eine zweite Annahme, mit der ich zu rechnen habe, bieten die Pollenschläuche vieler Pflanzen. Ich kann in denselben keine Zellkerne mehr nachweisen und doch wachsen dieselben in Zuckerlösung und bilden grosse Massen von Cellulose, ohne dass eine Abnahme ihres Protoplasmagehaltes zu constatiren wäre. Hier kann ich nicht anders, als anzunehmen, dass die Kernsubstanz, etwa in Gestalt kleiner Körner, im Schlauchplasma vertheilt ist. Der Umstand, dass sich später im befruchteten Ei der Spermakern einfindet, spricht für diese Auffassung.

Von der Existenz je eines Zellkernes in den Hefezellen (*Saccharomyces cerevisiae*) konnte ich mich seitdem an Schmitzschen Präparaten überzeugen²⁾). Bei einer Anzahl von Chroococcaceen, Oscillarieen und Nostocaceen konnte hingegen auch

¹⁾ Vergl. das früher im Texte bei Besprechung der Siebröhren Gesagte.

²⁾ Stzber. der niederrh. Gesell. für Natur- und Heilkunde in Bonn, 4. Aug. 1879, p. 18.

Schmitz¹⁾), trotz bewährtester Untersuchungsmethoden, abgegrenzte Zellkerne nicht nachweisen, sondern nur zerstreute Körnchen, die wie die tinctionsfähige Substanz der Zellkerne sich verhielten. Hier scheint somit eine Trennung von Kern und Zellplasma und darauf beruhende Arbeitsteilung noch nicht gegeben.

Die Wegsamkeit der Zellhäute.

Noch einen Punkt möchte ich zur Sprache bringen, im Hinblick auf die grosse Wichtigkeit, die er beansprucht. Ich kann hier freilich kaum mehr als Hypothesen bieten, doch werden dieselben ihren Zweck erfüllt haben, wenn sie zu weiteren Untersuchungen in der bezeichneten Richtung anregen. In diesem Sinne bitte ich die nachfolgenden Zeilen auch nur beurtheilen zu wollen. Das eingehende Studium der Schliesshäute der Tüpfel erweckte nämlich in mir die Vorstellung, diese Schliesshäute seien porös und somit die Möglichkeit eines directen Zusammenhangs der angrenzenden Plasmakörper durch diese Poren gegeben. Der Unterschied zwischen den Schliesshäuten gewöhnlicher Tüpfel und den Schliesshäuten der Siebtüpfel schien mir nur ein gradueller. In vielen Fällen ist es sicher festgestellt, dass die protoplasmatischen Körper benachbarter Zellen durch die Siebporen communiciren. Bei dünnwandigen Zellen wäre eine Verbindung durch sehr zarte Plasmafäden an beliebigen Stellen der Wand denkbar. Diese zu sehen, wollte mir freilich nirgends gelingen²⁾; sie könnten freilich besonders zahlreich und daher auch besonders fein sein. Bei eintretender Verdickung der Zellwand würde die ganze Communication durch die unverdickten Stellen gehen und hier daher die Poren vermehrt und erweitert werden. Sollen die Poren nicht allein zur Herstellung des Zusammenhangs dienen, sondern grössere Plasmamassen dieselben passiren, so erweitern sie sich in der Art,

¹⁾ Ebendas. 13. Juli 1880, p. 41.

²⁾ Eine solche will hingegen Frommann gesehen haben. Sitzber. der jen. Gesell. für Med. und Naturw., 21. Febr. 1879 und Protoplasma der Pflanzenzelle, 1880.

wie wir sie in den Siebtüpfeln sehen. Hier sind die verbindenden Plasmastränge ohne Weiteres nachzuweisen. Dass unter Umständen der Durchmesser der Poren auch an anderen Stellen ähnlich anwachsen kann, sahen wir im Endosperm von *Strychnos nux vomica*. Dort fehlen eigentliche Tüpfel, die Plasmastränge haben daher die ganze, sehr bedeutende Dicke der Wand zu durchsetzen und sind dem entsprechend stark, während bei *Strychnos potatorum*, wo Tüpfel vorhanden, der Durchmesser der Schliesshaut-Poren wieder bis an die Grenzen des Sichtbar-zumachenden hinabsinkt.

Dass Protoplasmamassen durch die Zellwandungen wandern können, zeigen zunächst die Siebröhren; dann die Vorgänge bei der Befruchtung der Phanerogamen, indem oft nachweislich der sich entleerende Pollenschlauch geschlossen bleibt und nur etwas gequollen erscheint. Auch zweifle ich kaum daran, dass an Orten, wo Protoplasma innerhalb geschlossener Gewebe sich sammelt, nicht immer Neubildung desselben, vielmehr wirkliche Einwanderung vorliegt. So, wenn etwa an gesteckten Begonienblättern, aus einzelnen Epidermiszellen Knospen sich bilden sollen und die betreffende Zelle oder der Zellcomplex mit Protoplasma sich füllt. Nachweislich findet gleichzeitig eine Entleerung der angrenzenden Gewebe statt. Ebenso, meine ich, findet ein wirkliches Fortschreiten der Plasmamasse innerhalb der Vegetationspunkte der vielzelligen Pflanzen statt, ähnlich wie in den Vegetationspunkten einzelliger, doch bin ich mir wohl bewusst, dass dieser Ausspruch, so lange nicht bewiesen, nur den Werth einer individuellen Meinung besitzt. Für positiven Durchgang des Protoplasma durch Membranen lässt sich aber noch die Beobachtung von Cornu¹⁾ anführen, dass bei Bildung der Makroconidien einer Nectria, alles Protoplasma aus den fünf bis sechs Zellen der Spore auswandert um die Makroconidie zu bilden. Diese entsteht als Auswuchs einer der Zellen der Spore. Die vier bis fünf Scheidewände, welche das Plasma durchwandern muss, sind aber weder gelöst noch durchlöchert.— So behauptet auch van Tieghem²⁾, dass die Eier der Mucorineen ihren plasmatischen Zuwachs von den Seiten her, durch die Membranen erhalten. In der That muss es bei Vergleichung

¹⁾ Comptes rendus, 1877, T. LXXXIV, p. 133.

²⁾ Traité de Botanique, 1882, p. 483.

entsprechender Bilder auffallen, um wie viel die durch Scheidewände von den Suspensoren bereits abgegrenzte Zygote noch an Grösse und Gestalt zunimmt, während der plasmatische Gehalt des Myceliums sinkt¹⁾). Durch die Membran hindurch wandert in die Pollenkörner das aus den Tapetenzellen stammende Protoplasma in grossen Massen ein, ungeachtet die Pollenhaut wohl oft Tüpfel, aber nie sichtbare Oeffnungen besitzt. Die Annahme, als sei hier ein anderer Vorgang als directe Einwanderung im Spiel, ist durch die Beobachtung so gut wie ausgeschlossen. — Die Wegsamkeit der Membranen für Protoplasma wird auch gestützt durch eine Beobachtung von Woronin²⁾, nach welcher die Plasmodien von Plasmadio-phora innerhalb der Kohlwurzel von Zelle zu Zelle wandern. Sie passiren hierbei, aller Wahrscheinlichkeit nach, den Siebplatten ähnliche Tüpfelgruppen, die nach Woronin in den Wänden fast aller Parenchymzellen der Kohlwurzel vorhanden sind.

Nicht hierher gehören hingegen die Fälle, in denen die Zellhaut von eindringenden Parasiten durchbohrt wird, denn es handelt sich da um Auflösungen der angegriffenen Zellwandstellen und nicht um Benutzung gegebener Kanäle. Der Vorgang steht hingegen nahe den Auflösungen der Wände, wie sie bei Copulation behäuteter Zellen, Entlassung von Schwärmsporen u. dgl. m. gegeben sind.

An den Schwärmsporen von Vaucheria konnte ich vor Zeiten feststellen³⁾, dass die Cilien noch fortschwingen, während eine feine Cellulosehaut bereits gebildet ist; durch diese hindurch werden nun die Cilien beim Zurruhekommen der Schwärmspore eingezogen. Es müssen also wohl in der zarten Cellulosehaut feine, von den Cilien durchsetzte Canäle vorhanden sein. Da nun die Cilien hier früher vorhanden sind als die Cellulosehaut, so muss ich annehmen, dass die Bildung der letzteren an der Insertionsstelle der Cilien unterbleibt. Aehnlich könnte es in der Pflanzenzelle bei Bildung der Scheidewand sein, sehr feine Plasmafäden von Anfang an zwischen den beiden Plasmakörpern zurückbleiben, die Scheidewand an ent-

¹⁾ Vergl. hierzu etwa die Abbildungen von Brefeld, Schimmelpilze, Heft I, 1872, Taf. VI, Fig. 18.

²⁾ Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XI, p. 562.

³⁾ Jen. Zeitschr. für Naturwiss., Bd. X, 1876, p. 400, 443.

sprechenden Stellen Kanäle besitzen. Bei Volvocinen, Pandorinen, den Schwärmsporen von *Hämatococcus*, sind die, die Cellulosehäute durchsetzenden Cilien eine ganz gewöhnliche Erscheinung. Aus der Schilderung von Kirchner¹⁾ muss ich annehmen, dass bei *Volvox minor* die Cilien der Schwärmer die zuvor gebildete gemeinsame Gallerthülle der Familie zu durchsetzen haben. Diese „consistenten“ Gallertmembran tritt nämlich um den Sporenhalt schon bei dessen erster Theilung auf. Die Cilien werden aber erst gebildet, wenn alle Theilungsschritte gethan sind. Sie entstehen nach Kirchner als locale Verdickungen der Hautschicht und wachsen in die Länge. Als bald beginnt die Bewegung der Cilien „wobei ihr oberes Ende sich langsam bis auf die Gallerthülle der Familie herunterbiegt und dann wieder in die Höhe schnellt“. Alle diese Thatsachen weisen aber auf die Möglichkeit hin, dass auch etwa durch die Haut der Oscillarien und auch längst der sog. Nath der Diatomeenhülle Plasmafortsätze bis an die Peripherie gelangen. Diese könnten denn auch die Plasmareaction veranlasst haben, die Engelmann²⁾ für die Oberfläche der Oscillarien angiebt.

Von der grössten Bedeutung wäre es für unsere Auffassung von dem Gesammtorganismus der Pflanze, wenn es sich wirklich feststellen liesse, dass alle lebenden Plasmakörper der Zellen, durch directe Fortsätze zusammenhängen. Das einheitliche Zusammenwirken des Ganzen wäre um so begreiflicher geworden. Man könnte sich freilich auch vorstellen, dass die Molekularschwingungen des Protoplasma den Membranen mitgetheilt und durch diese von Zelle auf Zelle übertragen werden; so wie Nägeli³⁾ annimmt, dass die im Protoplasma der Sporenspitze erzielten Bewegungszustände sich in die Zellhaut und selbst bis in die nächst angrenzende Flüssigkeit fortpflanzen. Mir scheint es, als wenn der directe Zusammenhang im Protoplasma, für den so Manches spricht, den Vorgang um sehr viel einfacher gestalten würde.

¹⁾ Beiträge zur Biologie der Pflanzen herausgegeben von F. Cohn,
Bd. III, 1879, p. 100 u. 101.

²⁾ Archiv für die ges. Physiol., Bd. XIX, 1878, Sep.-Abdr. p. 13.

³⁾ Gährung, p. 31.

Das Verhalten des Zellkerns in den Geschlechtsproducten.

Durch meine vorliegenden Untersuchungen wird die Frage nach dem Verhalten der Zellkerne in den Pollenschläuchen der Angiospermen ihrer Lösung etwas näher gebracht. Sehr instructiv fand ich hier nämlich diejenigen Pollenkörner, die sehr zahlreiche Schläuche trieben. Da war, sollte jeder Pollenschlauch einen eigenen Zellkern enthalten, eine reiche Vermehrung der Zellkerne vor der Pollenschlauchbildung nothwendig. Dieses ist nun nicht der Fall, vielmehr vertheilt sich die Masse des Zellkerns in dem umgebenden Protoplasma. Es ist somit nicht nothwendig, dass der Zellkern in ursprünglicher Form den Pollenschlauch passire. Doch macht der Umstand, dass ich mir, auf Grund sonstiger Erfahrungen, das Wachsthum des Pollenschlauchs kaum bei Abwesenheit von Kernsubstanz vorstellen kann, ferner die Thatsache, dass sich im Sporenkern ein Ei bei der Befruchtung einfindet, den Schluss wahrscheinlich, dass die Kernsubstanz nicht geschwunden, vielmehr nur im Pollenschlauch vertheilt war. Es lässt sich denken der Kern, respective die Kerne, da ja stets mindestens zwei Kerne im Pollenkorn gegeben, seien in kleine Körner zerfallen, die sich zur Bildung eines Spermakerns im Ei wieder sammeln. Eine freie Kernbildung ist ja sonst nirgends mehr im Pflanzenreiche gegeben und liegt es daher nahe, zunächst auch hier von andern Erklärungsannahmen auszugehen. Diese Beobachtungen an vielschläuchigen Pollenkörnern, welche ein Aufgehen der Zellkerne im Zellplasma ergeben, bestätigen meine früheren Angaben über Schwinden der Kerne auch in einschläuchigen Pollenkörnern vor Eintritt der Befruchtung. Der Umstand aber, dass in letzteren die Zellkerne fort und fort in die Schlauchspitze geführt werden um erst im letzten Augenblick unsichtbar zu werden, bestätigt die Annahme, dass es auf Erhaltung der Kernsubstanz als solche ankommt. Sonst hätten ja auch, in Uebereinstimmung mit vielschläuchigen Pollenkörnern, die Zellkerne vor Beginn der Schlauchbildung hier schwinden können. Die Pollenkörner der Gymnospermen

lassen sich hier auch zur Beleuchtung des Verhältnisses bei den Angiospermen heranziehen, insofern als bei den Gymnospermen der Zellkern in der Schlauchspitze nicht schwindet, vielmehr sich durch Theilung vermehrt.

Dass ein Zellkern aber auch in einzelne Elemente zerfallen kann, die durch Plasmamassen getrennt sind, und sich später wieder sammeln, das lehren uns die Vorgänge bei der Kerntheilung. Besonders auffallende Beispiele dieser Art hat neuerdings Johow¹⁾ für *Chara foetida* geschildert.

In der letzten Auflage meines Zellenbuches gab ich an²⁾, dass bei Farnen in den Mutterzellen der Spermatozoiden, die Zellkerne in zahlreiche kleine Körnchen zerfallen. Dieser Fall würde mit dem Verhalten der Zellkerne in den Pollenschläuchen übereinstimmen, wenn er richtig wäre. Das ist nun aber nicht der Fall. Mit Recht giebt hingegen Schmitz an³⁾, dass in diesen und ähnlichen Fällen der Zellkern sich soweit vergrössert, bis dass er das gesammte, oder doch fast gar gesammte Protoplasma der Mutterzelle in sich aufnimmt. Von der Richtigkeit der Schmitz'schen Angaben konnte ich mich an dessen Präparaten überzeugen. Diese Berichtigung meinerseits ist aber von Interesse, weil sie eine Uebereinstimmung in der Entwicklungsgeschichte für die Spermatozoiden der Pflanzen und Thiere ergiebt. Ganz entsprechend ist nämlich, nach Flemming, die Entwicklungsgeschichte der Spermatozoiden von Salamandra⁴⁾. Die Spermatozoiden der Archegoniaten entwickeln sich somit durch Spaltung aus der peripherischen Schicht des vergrösserten Zellkernes der das Plasma der Zelle in sich aufgenommen und sich zugeeignet hat. Die mikro-chemischen Reactionen von Zacharias⁵⁾ verstärken die Annahme, dass nur die Cilien der Spermatozoiden aus dem unveränderten Zellplasma hervorgehen. Im Uebrigen sind hier noch weitere Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen nöthig.

Ich glaubte vor Jahren den Ausspruch thun zu können, dass es gleichwerthige Theile der männlichen und weiblichen

¹⁾ Bot. Zeitung, 1881, Sp. 734, Taf. VII, Fig. 6.

²⁾ p. 373.

³⁾ Stzber. der niederrh. Gesell. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 13. Juli 1880, Sep.-Abdr. p. 31, 32, Anm. 2.

⁴⁾ Archiv für mikr. Anat., Bd. XVIII, p. 233 ff.

⁵⁾ Bot. Zeitung, 1881, Sp. 827.

Zelle sind, die sich im Geschlechtsacte vereinigen¹⁾). Diese Auffassung, die so klare Stützen bei vielen Algen findet, lässt sich auch wohl für höher organisierte Pflanzen und auch für Thiere noch vertheidigen, wenn es sich auch zeigte, dass in der männlichen Zelle die Reduction des Zellplasma sehr weit geht und der Zellkern schliesslich fast allein nur übrig bleibt. So sehen wir denn, auf Grund der neuesten Untersuchungen, dass bei höheren Kryptogamen fast nur noch die Cilien das Zellplasma repräsentiren und ähnliche Verhältnisse gelten auch für thierische Spermatozoen. Da im Thier- wie Pflanzenreiche sich eine ganz ähnliche Reduction des Zellplasma, eine ähnliche Verstärkung des Zellkerns bei Bildung der männlichen Zelle vollzog, so ist anzunehmen, dass diesem Vorgang eine tiefere Bedeutung zu Grunde liegt. Da möchte ich denn wieder auf die Rolle hinweisen, die ich dem Zellkerne bei der Bildung der Eiweisskörper vindicire. Da nun auf letzteren die Existenz der Organismen basirt, so wäre begreiflich, wie es auf die Stärkung des Zellkerns bei der Befruchtung vornehmlich ankommen könnte.

Es störte mich vor Jahren für meine Auffassung des Befruchtungsvorgangs die an copulirenden Spirogyren gemachte Wahrnehmung, dass der Zellkern während des Befruchtungsvorgangs schwinde. Ich beobachtete damals am Leben und konnte thatsächlich feststellen, dass der Zellkern in gegebenen Augenblicken unsichtbar wird, richtig angewandte Tinctionsmethoden lassen aber, wie Schmitz²⁾ zuerst angab, erkennen, dass der Zellkern factisch erhalten bleibt, ja dass die Zellkerne beider Zellen, in der von mir für andere Objecte angegebenen Weise, copuliren. Ich kann nach sorgfältigem Studium der Schmitz'schen Präparate dessen Angaben nur bestätigen und freue mich, dass dieser störende Fall aus der Befruchtungslehre hiermit geschwunden ist.

¹⁾ Befr. und Zelltheilung, p. 75, 1877.

²⁾ Stzber. der niederrh. Gesell. für Natur- und Heilkunde zu Bonn,
4. Aug. 1879, Sep.-Abdr. p. 23.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1—11. *Caulerpa prolifera*.

Vergr. 540.

Fig. 1. Querschnitt durch das „Rhizom“ an der Insertionsstelle eines Balkens.

Fig. 2—9. Querschnitte, den Einschluss longitudinal verlaufender Balken in die Zellwand und die hierdurch verursachten Schichtenstörungen zeigend In Fig. 8 theilweise Desorganisation der Oberfläche.

Fig. 10. Chemische Metamorphose einzelner Stellen der Zellwand.

Fig. 11. Trennung der Lamellencomplexe durch das Messer; einem Flächenschnitt entnommen.

Fig. 12—16. *Clematis Vitalba*.

Fig. 12. Junge noch unverdickte Markzelle. Vergr. 540.

Fig. 13. Theil einer älteren Markzelle mit sechs Verdickungsschichten. Vergr. 880.

Fig. 14 und 15. Aehnliche Zellen in Schwefelsäure gequollen. Vergr. 540.

Fig. 16. Die primären Wände nach fortgesetzter Behandlung mit Schwefelsäure zurückgeblieben.

Fig. 17—18. *Taxodium distichum*.

Vergr. 880.

Fig. 17. Eine ältere Markzelle mit Chlorzinkjod behandelt.

Fig. 18. Die primären Wände nach Behandlung mit Schwefelsäure.

Fig. 19—26. *Ornithogalum umbellatum*.

Die Fig. 26 540, die andern 880 Mal vergrössert.

Fig. 19. Stück aus der Wand einer Endospermzelle.

Fig. 20. Ein ebensolches mit einer vorspringenden Stelle auf der Schliesshaut.

Fig. 21. Junge Zelle nach Beginn der Verdickung, von der Fläche und im Durchschnitt.

Fig. 22. Ältere noch in der Verdickung begriffene Zelle mit Mikrosomen an der Wand.

Fig. 23. Ein Stück der Wand mit verdünnter Chlorzinkjodlösung behandelt.

Fig. 24. Ein Stück Wand mit Chlorzinkjod behandelt.

Fig. 25. Ein Stück Wand mit Schwefelsäure behandelt.

Tafel III.

Fig. 26. Eine reife Endospermzelle sammelt Inhalt.

Fig. 27. *Phoenix dactylifera*.

Vergr. 880.

Fig. 27. Stück einer Endospermzelle mit verdünnter Chlorzinkjodlösung behandelt.

Fig. 28. *Strychnos nux vomica*.

Vergr. 880.

Fig. 28. Theil einer Endospermzelle; die Wände von den feinen Porenkanälen durchsetzt.

Fig. 29. *Viscum album*.

Vergr. 880.

Fig. 29. Theil einer Rindenzelle.

Fig. 30. *Hakea suaveolens*.

Vergr. 540.

Fig. 30. Theil einer Zelle aus der Samenschale.

Fig. 31 und 32. *Bertholletia excelsa*.

Vergr. 540.

Fig. 31. Längenschnitt, Fig. 32 Querschnitt der prismatischen Zellen der Samenschale.

Fig. 33. *Taxus baccata*.

Vergr. 540.

Fig. 33. Partie aus dem Baste eines alten Stammes.

Fig. 34 und 35. *Hyacinthus orientalis*.

Vergr. 540.

Fig. 34. Oberflächenansicht der Epidermis bei zwei Einstellungen.

Fig. 35. Querschnitt durch die Epidermis.

Fig. 36. *Smilax aspera*.

Vergr. 540.

Fig. 36a. Partie eines Querschnitts aus der Gegend der sog. Kernscheide.

Fig. 36b. Die Verdickungsschichten einer Zelle der Kernscheide in Schwefelsäure quellend.

Fig. 37. *Impatiens glandulosa*.

Vergr. 540.

Fig. 37. Partie einer in der Verdickung begriffenen Gefäßzelle.

Fig. 38 und 39. *Sphagnum*.

Fig. 38. Zellen der Blattspreite zur Zeit der Ausbildung der Bänder am Protoplasmaschlauch. Vergr. 730.

Fig. 39. Ältere Zellen kurz vor Vollendung der Wandverdickung.
Vergr. 540.

Fig. 40. *Geranium sanguineum*.

Vergr. 540.

Fig. 40. Stück der Antherenwandung zur Zeit der Leistenbildung in
der hypodermalen Schicht.

Fig. 41. *Allium fistulosum*.

Vergr. 540.

Fig. 41. Zellen aus der hypodermalen Schicht zur Zeit der Leisten-
bildung.

Fig. 42—45. *Marsilia Ernesti*.

Vergr. 540.

Fig. 42—45. Theile von Haaren, der Fruchtwandung entnommen;
aufeinanderfolgende Alterszustände, die Entwicklung der Höcker auf der
Zellwand zeigend.

Fig. 46—49. *Cynoglossum officinale*.

Fig. 46. Längsschnitt durch eine junge Angelborste vor Beginn der
Verdickung. Vergr. 240.

Fig. 47. Eine Seitenzelle derselben, stärker vergrössert. Vergr. 540.

Fig. 48. Verdickung der Widerhaken. Vergr. 240.

Fig. 49. Verdickung der Warzen. Vergr. 240.

Fig. 50. *Ulothrix zonata*.

Fig. 50. Ein Complex von Zellen aus einem abgestorbenen Faden.
Vergr. 600.

Tafel III.

Fig. 1—28. *Pinus silvestris*.

Fig. 29. *Picea vulgaris*.

Vergr. 540, nur Fig. 28 880 und Fig. 29 240.

Fig. 1. Querschnitt durch das Cambium und die jüngsten Holzzellen.

Fig. 2—5 und 7—9. Tangentialschnitt-Ansichten, Fig. 6 Radialschnitt-
Ansichten der Wände junger Holzzellen, die Entwicklung der Hoftüpfel vor-
führend.

Fig. 10—12. Weitere Entwicklungszustände des Hoftüpfels. Fig. 10
radialer Längsschnitt, Fig. 11 tangentialer Längsschnitt, Fig. 12 Querschnitt.

Fig. 13. Ansicht fertiger Tüpfel auf radialem Längsschnitt.

Fig. 14—18. Tangentialschnitt- und Querschnitt-Ansichten fast fertiger
und fertiger Hoftüpfel.

Fig. 19. Fertiger Hoftüpfel, aus dem die Schliesshaut durch das Messer
herausgedrückt wurde.

Fig. 20 und 21. Fertige Zustände, mit Schwefelsäure behandelt.

Fig. 22. Eine gestreifte Herbstzelle, stark in Schwefelsäure gequollen,
mit Wasser ausgewaschen.

Fig. 23. Radialschnitt-, Fig. 24 Tangentialschnitt-Ansicht von Hof-
tüpfeln, die von einem äusseren Contour umgeben sind.

Fig. 25—28. Verhalten des protoplasmatischen Inhalts der Zelle während der letzten Stadien der Verdickung.

Fig. 29. Holzzellen mit Schraubenband.

Fig. 30—32. Entwicklung der Siebtüpfel, tangentiale Längsschnitte,

Tafel IV.

Fig. 33—38. Weitere Entwicklungszustände der Siebtüpfel und zwar Fig. 33 im tangentialen Längsschnitt; Fig. 34, 36 und 38 im Querschnitt; Fig. 35 und 37 im tangentialen Längsschnitt.

Fig. 39. Flächenansicht junger Siebplatten (radialer Längsschnitt).

Fig. 40, 41. Fertige Siebplatten, letztere mit Callus.

Fig. 42. Dichtgedrängte Siebplatten mit verschmolzenen Callusplatten.

Fig. 43. Ausser Thätigkeit gesetzte Siebplatten.

Fig. 44. Zellen an der mittleren Höhe eines Markstrahls und der Region, wo die Stärkebildung beginnt.

Fig. 45—48. *Phajus grandifolius.*

Fig. 45—48. Stärkebildner mit Stärkekörnern verschiedener Grösse. Vergr. 540.

Fig. 49. *Marsilia diffusa.*

Fig. 49. Inhalt einer Makrospore während der Stärkebildung. Vergr. 540.

Fig. 50—53. *Marsilia salvatrix.*

Vergr. 540.

Fig. 50. Ein Stärkekorn mit der ein Netz zeigenden Protoplasmaschicht.

Fig. 51. Die Plasmahülle theilweise entfernt; das Korn noch ohne Zeichnung.

Fig. 52. Die Plasmahülle theilweise entfernt, eine netzförmige Verdickung auf dem Stärkekorn.

Fig. 53. Ein reifes Stärkekorn.

Fig. 54. *Cladophora.*

Fig. 54. Schicht einer alten Zelle mit hervortretendem Zweig. Vergr. 240.

Fig. 55. *Bornetia secundiflora.*

Fig. 55. Schichtzelle, die kappenförmigen Schichten zeigend. Vergr. 200.

Fig. 56—58. *Spirogyra.*

Vergr. 540.

Fig. 56. Anlage des Ringes an der Querwand.

Fig. 57. Fertiger Ring.

Fig. 58. Ausstülpung desselben.

Fig. 59—61. *Agrimonia Eupatoria.*

Vergr. 880.

Fig. 59. Zellbildung im Wandbeleg des Embryosacks.

Fig. 60 und 61. Zelltheilung im Endosperm, Bildung der Zellplatte.

REED LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF TORONTO

Fig. 62—64. *Fritillaria imperialis.*

Vergr. 880.

Fig. 62—64. Kerntheilungen im Wandbeleg des Embryosacks. Zellplatte und Scheidewandbildung.

Fig. 65. *Corydalis pallida.*

Vergr. 880.

Fig. 65. Zelltheilung im Endosperm. Anlage der Zellplatte.

Fig. 66—70. *Iris sibirica.*

Vergr. 880.

Fig. 66—70. Zelltheilung im Endosperm. Anlage der Zellplatte und Ausbildung der Scheidewand.

Tafel V.

Fig. 1—24. *Malva crispa.*

Fig. 1. Längsschnitt durch ein Antherenfach, im Innern die noch ungetheilten Pollenmutterzellen. Vergr. 540.

Fig. 2. Querschnitt durch ein gleichalteriges Pollenfach. Vergr. 540.

Fig. 3. Längsschnitt durch ein Antherenfach nach vollendeter Theilung der Pollenmutterzellen, zur Zeit, wo sich der Inhalt der Pollenzellen meniskenförmig zusammenzieht. Vergr. 540.

Fig. 4. Eine Tetrade während der ersten Hautbildung um die einzelnen Pollenzellen. Vergr. 540.

Fig. 5. Junges Pollenkorn mit zarter eigener Haut. Vergr. 540.

Fig. 6. Junge Pollenkörner im Fach bei Beginn der Stachelbildung. Vergr. 540.

Fig. 7—9. Aufeinanderfolgende Stadien der Differenzirung des Exinium.

Fig. 7 und 8, 540, Fig. 9 a, b und c. 850 Mal vergrössert.

Fig. 10. Der Zellkern des Pollenkorns in Theilung. Spindelform. Vergr. 540.

Fig. 11. Nach der Theilung. Zwei Zellkerne im Pollenkorn. Vergr. 540.

Fig. 12. Einwandern der Tapetenzellen. Vergr. 240.

Fig. 13. Bildung des Intinium. Vergr. 540.

Fig. 14. Oberfläche des Plasmakörpers zu gleicher Zeit. Vergr. 540.

Fig. 15 a. Intinium schräg von der Seite, 15 b von oben. Vergr. 540.

Fig. 16. Aehnliche Pollenkörner im Pollenfache. Ausbildung der Verdickungsleisten in der hypodermalen Schicht. Vergr. 240.

Fig. 17 und 18. Pollenhaut im Querschnitt und von oben. Vergr. 540.

Fig. 19. Querschnitt stark vergrössert. 830 Mal.

Fig. 20. Inhalt mit dem sich abhebenden Intinium. Vergr. 540.

Fig. 21. Die beiden Zellkerne. Vergr. 540.

Fig. 22 a und b. Die Zellkerne sich im Inhalte vertheilend. Vergr. 540.

Tafel VI.

Fig. 23, 24. Pollenschlauchbildung. Fig. 23, 240, Fig. 24, 540 Mal vergrössert.

Strasburger, Entstehung u. Wachsthum der Membranen.

Fig. 25—26. Althaea rosea.

Fig. 25. Wand der Tetrade in Auflösung. Vergr. 240.

Fig. 26. Junges Pollenkorn mit anhaftenden Mikrosomen. Vergr. 540.

Fig. 27—32. Geranium eristatum.

Fig. 27. Junges Pollenkorn bereits die Streifung der Haut und die homogenen Austrittsstellen zeigend. Vergr. 650.

Fig. 28—30. Aufeinanderfolgende Alterszustände der Pollenkörner. Vergr. 650.

Fig. 31. Die Austrittsstelle des Exinium in eine vorspringende gequollene Papille verwandelt. Vergr. 540.

Fig. 32. Der Inhalt der Papille zum Theil durch das Intinium verdrängt. Vergr. 540.

Fig. 33—38. Geranium sanguineum.

Fig. 33. Junges Pollenkorn vor dem Hervortreiben der Papille. Vergr. 650.

Fig. 34 a und 35. Hervortreiben der Papille durch das Protoplasma; 34 b Flächenansicht von a. Vergr. 540.

Fig. 36. Zurückdrängen des Protoplasma durch den quellenden Inhalt der Papille. Vergr. 540.

Fig. 37 und 38. Differenzirung im Inhalt der Papille. Vergr. 540.

Fig. 39—55. Gaura biennis.

Vergr. 540.

Fig. 39. Eine Pollentetrad.

Fig. 40—44. Bildung der Zwischenkörper und Verdickung der Seitenwände.

Fig. 45. Die Pollenkörper nach Anlage der Zwischenkörper noch innerhalb der Mutterzellwand.

Fig. 46—50. Weiteres Verhalten der Zwischenkörper und der Seitenwand, Abheben der Cuticula und Ausbildung des Grenzhäutchens.

Fig. 51—55. Verdrängen der Zwischenkörper durch den auswachsenden Plasmakörper.

Fig. 56 und 58. Gaura parviflora.

Fig. 56. Einer der kegelförmigen Fortsätze des Pollenkorns, bei a im Durchschnitt, bei b von oben. Vergr. 540.

Fig. 57. Ein Pollenkorn schlängelnd. Vergr. 240.

Fig. 58—61. Oenothera rosea.

Vergr. 540.

Fig. 58. und 59. Junge Pollenkörper während der Anlage der Zwischenkörper.

Fig. 60. Älteres Pollenkorn vor Durchbrechung der Zwischenkörper.

Fig. 61—64. Clarkia elegans.

Fig. 61. Junges Pollenkorn während der Anlage der Zwischenkörper. Vergr. 540.

Fig. 62. Junges Pollenkorn vor der Füllung mit Protoplasma. Vergr. 540.



Fig. 63. Junges Pollenkorn während der Durchbrechung der Zwischenkörper. Vergr. 540.

Tafel VIII.

Fig. 64. Reifes Pollenkorn im Durchschnitt. Vergr. 240.

Fig. 65. *Epilobium Dodonaei.*

Vergr. 540.

Fig. 65. Junges Pollenkorn vor Durchbrechung der Zwischenkörper.

Fig. 66—71. *Scabiosa caucasica.*

Fig. 66—68. Junge Pollenkörper während der Wandverdickung. Vergrösserung 540.

Fig. 69 und 70. Theilung der Wand nach Anlage der Intine. Vergr. 540.

Fig. 71. Stückchen des Exinium die Structur zeigend. Vergr. 730.

Fig. 72—84. *Cucurbita verrucosa.*

Vergr. 540.

Fig. 72. Junges Pollenkorn vor Beginn der Membranbildung.

Fig. 73 und 74. In Vorbereitung zur Membranbildung.

Fig. 75. Mit Membran.

Fig. 76. Anlage der Deckel.

Fig. 77 und 78. Bildung der Stacheln auf der Oberfläche.

Fig. 79 und 80. Weitere Ausbildung der Stacheln, Differenzirung der Cuticula.

Fig. 81 und 82. Anlage des Intinium.

Fig. 83 und 84. Abgrenzung der Deckel.

Fig. 85 und 86. *Cucumis sativus.*

Vergr. 540.

Fig. 85. Halbreifes Pollenkorn nach Anlage des Intinium.

Fig. 86. Reifes Pollenkorn, nur eine Austrittsstelle sichtbar.

Fig. 87—89. *Thunbergia alata.*

Vergr. 540.

Fig. 87. Junges Pollenkorn vor Anlage des Intinium.

Fig. 88. Gleich nach Anlage desselben.

Fig. 89. Kurz vor der Reife.

Fig. 90—99. *Senecio vulgaris.*

Fig. 90. Längsschnitt durch ein Antherenfach. Die jungen Pollenzellen noch in Tetraden, die Tapetenschicht markirt. Vergr. 540.

Fig. 91. Junges Pollenkorn in aufrechter Stellung, im optischen Durchschnitt. Vergr. 730.

Fig. 92. Aehnliches Pollenkorn von der Seite, Vergr. 730.

Fig. 93—96. Aufeinanderfolgende Stadien, die Verdickung der Wand und die Bildung der Stacheln zeigend. Vergr. 730.

Fig. 97. Halbreifes Pollenkorn, Querschnitt. Vergr. 880.

Fig. 98. Reifes Pollenkorn, Querschnitt. Vergr. 880.

Fig. 99. Ganzes Pollenkorn, frisch. Vergr. 540.

Fig. 100—109. Cobea scandens.

Vergr. 540.

Fig. 100 und 101. Junge Pollenzellen mit ausgebuchteter Oberfläche vor Bildung der Membran. Pikrinsäure-Präparate.

Fig. 102. Gleich nach Anlage der Membran. Mit 1% Essigsäure behandelt.

Fig. 103. Verdickung der Wand an den vorspringenden Stellen. 1% Essigsäure-Methylgrün.

Fig. 104. Bildung einer zusammenhängenden Innenschicht. 1% Essigsäure-Methylgrün.

Fig. 105—107. Wachsthum der Palissaden von aussen. Alcohol-Präparat.

Fig. 108 und 109. Querschnitte reifer Pollenkörner. Alcohol-Präparate.

Fig. 110—113. Allium fistulosum.

Fig. 110. Junge Pollenzellen während der Auflösung der Wände der Tetrade. Vergr. 540.

Fig. 111. Medianer Längsschnitt durch ein reifes Pollenkorn. Vergrößerung 730.

Fig. 112. Flächenansicht eines reifen Pollenkorns von der Seite des Austrittbandes. Vergr. 540.

Tafel VIII.

Fig. 113. Ein schlauchtriefendes Pollenkorn. Vergr. 540.

Fig. 114—12. Iris sibirica.

Fig. 114. Die jungen Pollenkörner noch innerhalb der sich desorganisirenden Wände der Tetraden. Vergr. 540.

Fig. 115 a und b. Junge Pollenkörner bald nach der Befreiung. Vergr. 540.

Fig. 116. Reifes Pollenkorn, $\frac{1}{4}$ Stunde lang in Chlorzinkjodlösung. Vergr. 540.

Fig. 117. Reifes Pollenkorn mit 1% Osmiumsäure und Beale'schem Carmin behandelt. Vergr. 540.

Fig. 118. Stückchen der Exine im Querschnitt. Vergr. 880.

Fig. 119. Stückchen der Exine von der Fläche. Vergr. 880.

Fig. 120. Ein Pollenkorn mit Schlauch. Mit 2% Osmiumsäure und Beale'schem Carmin behandelt. Vergr. 540.

Fig. 121. Pinus Laricio.

Fig. 121. Pollenkorn kurz vor der Anthese.

Fig. 122—127. Equisetum limosum.

Vergr. 540.

Fig. 122. Eine Tetrade in das Protoplasma des Sporenfaches eingebettet.

Fig. 123. Die von eigener Haut umgebenen Sporen innerhalb der Tochterzellblasen.

Fig. 124—126. Bildung der Aussenhaut und Abhebung der Mittelhaut.

Fig. 127. Eine halb reife Spore mit ihren drei Häuten.

Fig. 128—146. *Marsilia Ernesti.*

Fig. 128. Mikrosporen innerhalb der Blasen im Epiplasma eingebettet.

Vergr. 540.

Fig. 129—133. Bildung des Perinium. Vergr. 540.

Fig. 134—136. Längsschnitte durch Makrosporangien die Größenzunahme der Makrospore und der sie umgebenden Blase zeigend. Vergr. 90.

Fig. 137. a. Junge Makrospore mit Blase; b. an die Blase stossendes Epiplasma. Vergr. a. 90, b. 540.

Fig. 138. Das Epiplasma bis an die Sporangiumwand hin. Vergr. 540.

Fig. 139. a. Junge Makrosporen mit Blase. Vergr. 90. b. Schicht der Makrospore. Vergl. 540. c. Innere Schicht des Epiplasma und die abgetrennte mikrosomenhaltige Hautschicht. Vergr. 540.

Fig. 140—143. Aufeinanderfolgende Stadien der Bildung des Perinium. Vergr. 540.

Fig. 144. Nachfolgender Entwicklungszustand der Makrospore. Vergrösserung 90.

Fig. 145. Entsprechende Stadien der Perinium-Bildung. Vergr. 540.

Fig. 147—149. *Marsilia diffusa.*

Fig. 147. Querschnitt durch die reife Prismenschicht des Perinium mit Chlorzinkjodlösung behandelt. Vergr. 540.

Fig. 148. Flächenansicht der Oberfläche der fertigen Prismenschicht. Vergr. 540.

Fig. 149. Längsschnitt durch eine fast reife Makrospore. Vergr. 90.

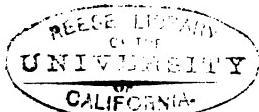
Namen-Register.

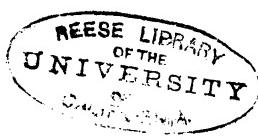
- Abies pectinata* 115 Anm.
— *Pichta* 60.
Acer 30.
— *striatum* 185.
Agave americana 185.
Algen 176, 243, 252.
Allium 110.
— *fistulosum* 86, 108.
Aloë 185.
Althaea 102.
— *rosea* 87.
Amygdaleen 30.
Angiospermen 61, 75, 92, 250, 251.
Araucaria 152, 214.
— *brasiliensis* 30.
Archegoniaten 251.
Areca oleracea 25.
Arthropoden 206.
Arum maculatum 111, 112.
Avena sterilis 169.
Azolla 135.
Batatas edulis 160.
Batrachier 206.
Begonia 247.
Berberis vulgaris 243.
Bertholletia 29.
— *excelsa* 28.
Blattkäfer 203.
Bohnenamehl 152.
Boragineen 139, 141.
Bornetia secundiflora 176, 189.
Brassica oleracea 30.
Bryonia dioica 76, 77, 79.
Bryopsis 213.
Buche 30.
Buxus aborescens 30.
Bythotrephes 202.
Campecheholz 164.
Cannastärke 153.
Canna Warszewiczii 153.

Caulerpa 1, 2, 5, 6, 7, 8, 161, 208,
212, 213, 214.
— *Cupressoidea* 3, 4, 10.
— *prolifera* 3, 4, 10.
Chara foetida 251.
Chinarinden 66, 168.
Chroococcaceen 245.
Chrysanthemum Leucanthemum 105.
Cinchona 30.
Citrus vulgaris 36.
Cladophora 47, 69, 173, 179, 180,
188, 189, 198.
Clarkia 100, 199.
— *elegans* 98, 99.
Clematis 10, 14, 15, 32, 33, 154,
167, 168.
— *Vitoba* 10, 13, 63, 214.
Cobea 106, 108.
— *scandens* 106, 108.
Coelosphaerium Naegelianum 69.
Coleus 146, 198.
Compositen 106 Anm.
Conferva affinis v. abbreviata 37.
— *dubia* 37.
— *fioccosa* 37.
— *sordida* 37.
Coniferen 22, 38, 41, 49, 52, 53, 55,
56, 63, 72, 73, 115 Anm., 121,
154, 199, 212.
Crocus 75.
Cucumis sativus 103.
Cucurbita 121, 174.
— *verrucosa* 101.
Cupressineen 35.
Cycas circinalis 151.
Cynoglossum 145.
— *officinale* 145, 181.
Cypripedium 114.
— *barbatum* 114.
Dahlia 67.

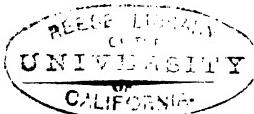
- Daphniden 202.
Dianthus 30.
Diatomeen 143, 249.
Dicyemiden 207.
Dipsacus 139.
— *silvestris* 142.
Dracaena *Draco* 75, 76.
— *reflexa* 34 Anm., 76.
Dracocephalum *moldavicum* 74.
Epilobium *angustifolium* 99 Anm.
— *Dodonaei* 99.
Equisetum 123, 124, 174, 199.
— *limosum* 199.
Erbsen 242.
Evonymus *latifolius* 243.
Fadenalgen 176.
Fagopyrum *cymosum* 156.
Farne 251.
Fichte 49, 52, 55, 56, 63.
Ficus *elastica* 165 Anm.
Galeopsis *tetrahit* 30.
Gaura 98, 99.
— *biennis* 95.
— *parviflora* 97.
Gefässkryptogamen 61.
Geranium 92, 94, 118, 143.
— *cristatum* 93, 95.
— *sanguineum* 85, 94, 95, 169.
Gladiolus 75.
Gleichenia 119.
Gloeoapsse 176, 191.
— *polydermatia* 36, 213.
Gramineen 169.
Gymnadenia *conopsea* 113.
Gymnospermen 250, 251.
Haematococcus 249.
Hakea 28, 29.
— *Baxteri* 75.
— *ceratophylla* 75.
— *pectinata* 74, 75.
— *suaveolens* 27.
Haselnuss 30.
Hefe 245.
Helleborus *foetidus* 198.
Hesperis *matronalis* 30.
Hyacinthus *orientalis* 17.
Hymenaea *Courbaril* 71.
Impatiens *glandulosa* 79.
Insecten 203, 205.
Iris 109, 110, 143.
— *sibirica* 109.
Juniperus 35.
Kartoffelstärke 152, 164.
Kiefer 52, 55, 59, 68, 178, 179.
Kohlwurzel 248.
Kryptogamen 138, 252.
Labiaten 71, 190 Anm.
Larix 115.
Lavatera *trimestris* 91 Anm.
- Leptodora 202.
Lychnis *Githago* 30.
Lycopodium 119.
— *clavatum* 116.
Magnolia *Yulan* 30.
Malva 92, 96, 102.
— *crispa* 85, 86, 87.
Malvaceen 108.
Mamillaria 77.
Marsilia 121 Anm., 123, 130, 132,
133, 139, 144, 145, 154, 155,
157, 174, 175, 190 Anm., 204,
244.
— *aegyptiaca* 155.
— *diffusa* 130, 155, 157.
— *Ernestii* 123, 125, 126, 130, 132,
144, 181.
— *hirsuta* 155.
— *macrocarpa* 156.
— *Nardii* 156.
— *salvatriz* 156, 158.
Mentha *Pulegium* 30.
Microspora 176.
Mniopsis *Weddelliana* 234.
Monocotylen 114, 242.
Mucorineen 171, 247.
Najas *major* 112.
Nectria 247.
Nerium Oleander 65.
Nostocaceen 245.
Oedogonium 18, 85, 179, 194, 197.
Oenothera 97 Anm., 98 Anm., 100.
— *rosea* 98.
Onagrarieen 95 Anm., 97 Anm., 106,
108.
Orchideen 78, 83, 84, 114, 173.
Orchis 112.
Ornithogalum 18, 20, 22, 23, 24, 25,
27, 48.
— *umbellatum* 16.
Oscillarieen 245, 249.
Osmunda 119.
— *regalis* 118.
Paeonia 233.
Pandorina 249.
Pedicularis 8, 9.
Peronospora 136.
— *Alsinearum* 137, 139.
— *arborescens* 136, 138.
— *intermedia* 136, 138.
Peronosporen 136.
Petalonema 189, 190.
Phajus 149, 152, 162, 163, 164, 165.
— *grandifolius* 147, 148, 154.
Phanerogamen 21, 98 Anm., 174, 247.
Phaseolus *vulgaris* 152.
Phoenix 27, 48.
— *dactylifera* 23, 24, 25.
Phormium *tenax* 211.

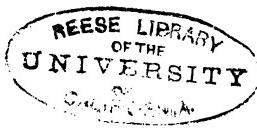
- Phragmites 61.
Picea 63.
Pilze 52, 136 Anm., 243.
Pinus 47, 60, 61, 63, 115, 150, 165,
166, 179, 199.
— canariensis 53.
— Laricio 115.
— silvestris 30, 61, 158.
Plasmidiophora 248.
Pleurosigma 71.
— angulatum 143.
Podostemaceen 233, 235.
Polyphemus 202.
Pomaceen 30.
Primula sinensis 197, 198.
Prunus domestica 29.
Pteris aquilina 61.
Radiolarien 233.
Rhizocarpeen 134 Anm.
Rivularien 189.
Saccharomyces cerevisiae 245.
Salamander 201.
Salamandra 251.
Salvia Horminum 72, 74.
Salvinia 133, 139, 175, 244.
— natans 132, 133.
Sambucus nigra 243.
Santalum 75.
Saponaria officinalis 30.
Säugethierei 204.
Scabiosa caucasica 100, 101.
Schizochlamys gelatinosa 191.
Scytonemeen 189.
Secale cereale 156.
Senecio 106.
— vulgaris 105, 106.
Sisymbrium 30.
Smilax 31, 154, 167, 168.
— aspera 31.
Sphagnum 82.
Spirogyra 39, 68, 83, 84, 173, 184,
185, 186, 188, 190, 192, 196,
197, 243, 245, 252.
Spirogyra majuscula 67, 69.
— orthospira 68, 69, 184, 185,
186, 190.
— setiformis 184.
Stäbchenbakterien 69.
Strychnos nux vomica 24, 25, 26, 247.
— potatorum 26, 247.
Taxodium 15.
— distichum 15, 16.
Taxus 35, 63, 64.
— baccata 34, 36, 62.
Teucrium Scordium 30.
Thunbergia alata 104, 105.
— reticulata 105.
Timarchia tenebricosa 203.
Torenia asiatica 75.
— Fournieri 84.
Tradescantia zebrina 78.
Triceratium Favus 143.
— var. septangularis 144.
Triticum turgidum 156.
Triton 201.
Ulothrix 180, 184, 192.
— crassiuscula 37.
— mucosa 37.
— parietina 37.
— tenerima 37.
— zonata 37, 182, 183.
Urocystis occulta 180.
Urtica 139.
Vaucheria 248.
Verbascum Thapsus 30.
Victoria regia 59, 245.
Vinca 64.
— major 64.
Viscum 30, 192, 212.
— album 27, 33, 191, 212.
Vogelei 205.
Volvocineen 249.
Volvox minor 249.
Walnuss 30.
Zostera minor 112 Anm.
— nana 112.





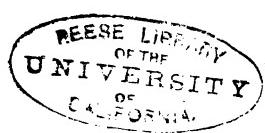
- Phragmites 61.
Picea 63.
Pilze 52, 136 Anm., 243.
Pinus 47, 60, 61, 63, 115, 150, 165,
166, 179, 199.
— canariensis 53.
— Laricio 115.
— silvestris 30, 61, 158.
Plasmodiophora 248.
Pleurosigma 71.
— angulatum 143.
Podostemaceen 233, 235.
Polyphemus 202.
Pomaceen 30.
Primula sinensis 197, 198.
Prunus domestica 29.
Pteris aquilina 61.
Radiolarien 233.
Rhizocarpeen 134 Anm.
Rivularien 189.
Saccharomyces cerevisiae 245.
Salamander 201.
Salamandra 251.
Salvia Horminum 72, 74.
Salvinia 133, 139, 175, 244.
— natans 132, 133.
Sambucus nigra 243.
Santalum 75.
Saponaria officinalis 30.
Säugethierei 204.
Scabiosa caucasica 100, 101.
Schizochlamys gelatinosa 191.
Scytonemeen 189.
Secale cereale 156.
Senecio 106.
— vulgaris 105, 106.
Sisymbrium 30.
Smilax 31, 154, 167, 168.
— aspera 31.
Sphagnum 82.
Spirogyra 39, 68, 83, 84, 173, 184,
185, 186, 188, 190, 192, 196,
197, 243, 245, 252.
Spirogyra majuscula 67, 69.
— orthospira 68, 69, 184, 185,
186, 190.
— setiformis 184.
Stäbchenbakterien 69.
Strychnos nux vomica 24, 25, 26, 247.
— potatorum 26, 247.
Taxodium 15.
— distichum 15, 16.
Taxus 35, 63, 64.
— baccata 34, 36, 62.
Teucrium Scordium 30.
Thunbergia alata 104, 105.
— reticulata 105.
Timarchia tenebricosa 203.
Torenia asiatica 75.
— Fournieri 84.
Tradescantia zebrina 78.
Triceratium Favus 143.
— var. septangularis 144.
Triticum turgidum 156.
Triton 201.
Ulothrix 180, 184, 192.
— crassiuscula 37.
— mucosa 37.
— parietina 37.
— tenerima 37.
— zonata 37, 182, 183.
Urocystis occulta 180.
Urtica 139.
Vaucheria 248.
Verbascum Thapsus 30.
Victoria regia 59, 245.
Vinca 64.
— major 64.
Viscum 30, 192, 212.
— album 27, 33, 191, 212.
Vogelei 205.
Volvocineen 249.
Volvox minor 249.
Wallnuss 30.
Zostera minor 112 Anm.
— nana 112.

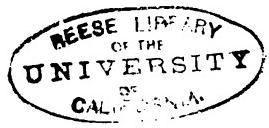


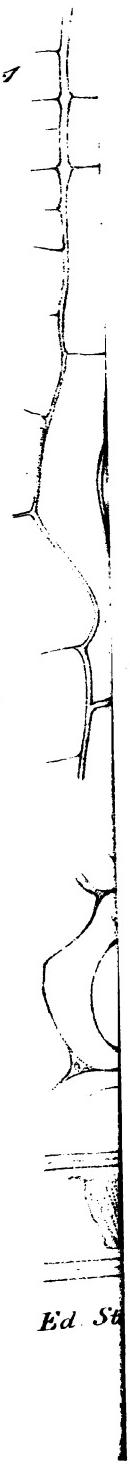




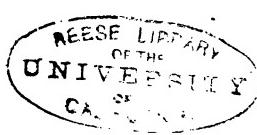
1

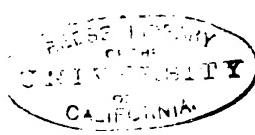






Ed. St

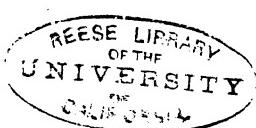




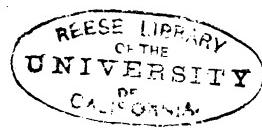


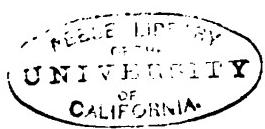
Ed. St













6



'81



89

91

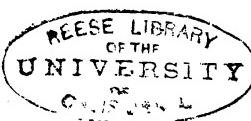


99

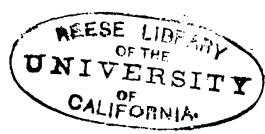
103

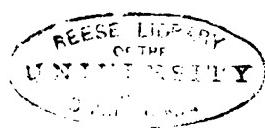


Ed Strasburg



















SEP 4 1990

merd

U.C. BERKELEY LIBRARIES

C031312491

